

## Radan kulumisen rajakustannukset 1997-2005



Juha Tervonen ja Saara Pekkarinen



RATAHALLINTOKESKUS  
BANFÖRVALTNINGSCENTRALEN

Ratahallintokeskuksen  
julkaisu 2/2007

## Radan kulumisen rajakustannukset 1997–2005

Juha Tervonen  
Saara Pekkarinen

Helsinki 2007



**Ratahallintokeskus**

Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 2/2007

ISBN 978-952-445-179-6 (nid.)

ISBN 978-952-445-180-2 (pdf)

ISSN 1455-2604

Julkaisu pdf-muodossa: [www.rhk.fi](http://www.rhk.fi)

Kannen ulkoasu: Proinno Design Oy, Sodankylä

Kansikuva: Olavi Huotari

Helsinki 2007

**Tervonen, Juha & Pekkarinen, Saara: Radan kulumisen rajakustannukset 1997–2005.**

Ratahallintokeskus, Liikennejärjestelmäosasto. Helsinki 2007. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 2/2007. 69 sivua ja 1 liite. ISBN 978-952-445-179-6, ISBN 978-952-445-180-2 (pdf). ISSN 1455-2604.

## TIIVISTELMÄ

Tässä työssä tarkastellaan Suomen ratamaksua. Tarkemmin käsitellään perusmaksun tasoa. Ratahallintokeskus perii perusmaksua rautatielain 13 § 1 momentissa tarkoitetuista tarjoamistaan palveluista ja muista hyödykkeistä. Perusmaksu on määritetty radan kulumisen rajakustannusten mukaan. Se tarkoittaa radanpidon kustannusten muutosta, joka aiheutuu liikenteen lisääntymisestä yhdellä suoriteyksiköllä. Suoritteiden vaikutus radanpidon kustannuksiin määritetään estimoimalla radanpidon kustannusfunktioita.

Perusmaksun taso on johdettu vuosien 1997–1999 aineistoilla estimoiduista kustannusfunktioista. Radanpidon kustannusfunktioita ja rajakustannuksia on tarkasteltava muutaman vuoden välein, jotta tiedetään, onko perusmaksun tasoa syytä muuttaa. Tarkastelu on sittemmin tehty vuosien 1997–2002 aineistoilla, mutta perusmaksun tasoa ei muutettu. Nyt kustannusfunktioita ja rajakustannusten tasoa tarkastellaan vuosien 1997–2005 aineistolla. Uusi aineisto on vuosilta 2003–2005.

Tulosten mukaan radanpidon kustannuksia selittäviä muuttujia ovat rataosan liikennemäärä (bruttotonnit) ja rataosan raidepituus. Vuosien 1997–2005 poikkileikkausaineistojen mukaan liikenteen lisäys yhdellä prosentilla kasvattaa radanpidon muuttuvia kustannuksia 0,15–0,29 prosenttia. Raidepituuden lisääminen prosentilla kasvattaa radanpidon muuttuvia kustannuksia 0,77–1 prosenttia. Yhdeksän vuoden paneliaineiston mukaan vastaavat joustot ovat 0,19 ja 0,86.

Vuosien 1997–2005 muuttuvien kokonaiskustannusten poikkileikkausaineistoista estimoidut radan kulumisen rajakustannukset ovat koko rataverkolle painottaen 0,07–0,18 snt/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa). Tarkasteluajanjakson alussa rajakustannusten taso oli korkein, jonka jälkeen radanpidon rahoitustason muutos alensi rajakustannuksia. Vuodesta 2003 alkaen rajakustannusten taso nousi. Yhdeksän vuoden muuttuvien kokonaiskustannusten paneliaineistosta estimoidut koko rataverkolle painotetut radan kulumisen rajakustannukset ovat estimointitavasta ja otoksen koosta riippuen 0,09–0,14 snt/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa). Perusmaksun taso vastaa siten vuoden 2005 hinnoissa esitettyjä tuloksia.

Radanpidon kustannusfunktioita tulisi kehittää muuttujilla, jotka kuvaavat rataosien teknisiä ja laadullisia eroja. Jatkossa voidaan kokeilla esimerkiksi vaihteiden lukumäärää sekä geometristä kuntoa kuvaavien muuttujien toimivuutta. Lisäksi rataosia voitaisiin luokitella esimerkiksi nopeustason ja kantavuuden mukaan.

Suomen aineistot sallivat rajakustannusten laskemisen ja ratamaksun asettamisen myös erikseen kunnossapitokustannusten ja korvausinvestointien pohjalta. Maksuja on lisäksi mahdollista asettaa jopa yksittäisille rataosille. Sen sijaan junakaluston rataa kuluttavien ominaisuuksien huomioon ottaminen ei onnistu tässä raportissa esitetyllä menetelmällä aineistosta riippuvista syistä. Vähän rataa kuluttavalle kalustolle myönnettäviä alennuksia tai paljon kuluttavalle kalustolle asetettavia lisämaksuja tulee pohtia teknisen tietämyksen pohjalta.

Työssä arvioitiin myös rajakustannusperusteisen perusmaksun määrittämistä ratapihojen liikenteelle. Tilastot ja rekisterit eivät tarjoa riittävästi tietoa kustannusfunktion muodostamiselle ratapihoilla. Suurimpien ratapihojen muuttuvat kustannukset tiedetään, mutta ratapihojen ominaisuuksia ja liikennesuoritteita ei voida määrittää riittävän hyvin. Liikennepaikka- ja vaihterekisterit sallivat ominaisuustietojen määrittelyn tulevaisuudessa. Suoritetiedot on määritettävä laajentamalla rautatietilastointia ratapihojen liikenteeseen.

**Tervonen, Juha & Pekkarinen, Saara: Marginalkostnader på grund av banslitage 1997–2005.** Banförvaltningscentralen, Trafiksystemavdelningen. Helsingfors 2007. Banförvaltningscentralens publikationer A 2/2007. 69 sidor och 1 bilaga. ISBN 978-952-445-179-6, ISBN 978-952-445-180-2 (pdf). ISSN 1455-2604.

## SAMMANFATTNING

I detta arbete granskas banavgiften i Finland. Grundavgiftens nivå behandlas noggrannare. Banförvaltningscentralen uppbär en grundavgift för sina tjänster och förnödenheter som avses i järnvägslagen 13 § 1 mom. Grundavgiften har definierats enligt marginalkostnaderna p.g.a. banslitage. Med detta avses banhållningens kostnadsförändring som ökar med en trafikarbetsfunktion p.g.a. trafiken. Trafikarbetets inverkan på banhållningskostnaderna definieras genom att estimeras banhållningens kostnadsfunktioner.

Grundavgiftens nivå har härletts från estimerade kostnadsfunktioner enligt material från åren 1997-1999. Kostnadsfunktionerna och marginalkostnaderna gällande banhållning skall granskas med några års mellanrum för att kunna veta när det är skäl att ändra grundavgiften. Granskningen har sedermera gjorts enligt material från åren 1997-2002, men grundavgiftens nivå har inte ändrats. Kostnadsfunktionen och marginalkostnadernas nivå granskas nu enligt material från åren 1997-2005. Det nya materialet är från åren 2003-2005.

Enligt resultaten är trafiken på banavsnittet (bruttoton) och avsnittets spårlängd variabler som beskriver banhållningskostnaderna. Enligt tvärsnittsmaterialen från åren 1997-2005 ökar banhållningens rörliga kostnader med 0,15-0,29 procent när trafiken ökar med en procent. Banhållningens rörliga kostnader ökar med 0,77-1 procent när spårlängden ökar med en procent. Enligt nio års panelmaterial är motsvarande tal 0,19 och 0,86.

Banhållningens kostnadsfunktioner bör utvecklas med variabler som beskriver banavsnittens tekniska och kvalitativa skillnader. I fortsättningen kan man testa hur variabler, som exempelvis beskriver antalet växlar och banans geometriska skick, fungerar. Banavsnitt kunde dessutom klassificeras exempelvis enligt hastighetsnivån och bärigheten.

Marginalkostnaderna p.g.a. banslitage, estimerade enligt de rörliga totalkostnaderna i tvärsnittsmaterialet åren 1997-2005, är med tyngdpunkten på hela bannätet 0,07-0,018 cent per bruttoton kilometer (2005 års prisnivå). I granskningsperiodens början var marginalkostnadsnivån högst, varefter ändringen i banhållningens finansieringsnivå sänkte marginalkostnaderna. I början av år 2003 steg marginalkostnadsnivån. Marginalkostnaderna p.g.a. banslitage, som har estimerats enligt panelmaterialet med rörliga totalkostnader, är från en nio års period med tyngdpunkten på hela bannätet, beroende på estimeringssätt och sampel, 0,09-0,14 cent per bruttoton kilometer (2005 års prisnivå). Grundavgiftens nivå motsvarar sålunda resultaten som anges enligt prisnivån år 2005.

Enligt finländskt material kan marginalkostnaderna sänkas och banavgiften fastslås separat på basis av underhållskostnaderna och ersättningsinvesteringarna. Dessutom kan avgifterna fastslås till och med för enskilda banavsnitt. Däremot kan inte de rullande materielets banslitande egenskaper, p.g.a. orsaker som är förknippade med materialet, beaktas i den metod som framläggs i denna rapport. Nedsatta avgifter för rullande materiel som förorsakar litet slitage eller tilläggsavgifter för material som förorsakar stort slitage bör dryftas utgående från tekniskt kunnande. I arbetet behandlades också bestämningen av en marginalkostnadsbaserad grundavgift för trafiken på bangårdarna. Varken statistikerna eller registren ger tillräckliga uppgifter för att kunna bilda en kostnadsfunktion för bangårdarna. Man känner till de rörliga kostnaderna för större bangårdar men deras egenskaper och trafikarbeten kan inte definieras tillräckligt bra. Registren över trafikplatser och växlar gör det möjligt att i framtiden definiera specifika uppgifter. Uppgifterna om trafikarbetet bör definieras genom att utsträcka järnvägsstatistikföringen till trafiken på bangårdarna.

**Tervonen, Juha & Pekkarinen, Saara: Marginal Rail Infrastructure Costs in Finland 1997–2005.** Finnish Rail Administration, Traffic system department. Helsinki 2007. Publications of Finnish Rail Administration 2/2007. 69 pages and 1 appendice. ISBN 978-952-445-179-6, ISBN 978-952-445-180-2 (pdf). ISSN 1455-2604.

## ABSTRACT

This report studies the basic charge, which is part of the Finnish infrastructure charge imposed on rail operators. The basic charge has been set according to marginal costs caused by traffic. Marginal cost equals the change in variable infrastructure costs, when an additional unit of traffic uses the tracks. Marginal costs can be derived from cost functions for rail infrastructure up-keeping. The infrastructure costs included in the Finnish analysis consist of maintenance and renewals (replacement investments) on track sections.

Cost functions and marginal costs should be assessed periodically in order to judge, whether the level of the basic charge should be changed. The level of the Finnish basic charge has been derived from cost functions based on cross section data from 1997–1999. Estimations have also been made on cross section data from 1997–2002, but the results did not call for changes in the basic charge. In this report, results are presented from estimations with data from 1997–2005 (nine years).

The results show, that variables *traffic on track sections (gross tonnes)* and *track length (km)* have statistically significant explanatory power on variable infrastructure costs. Based on cross section data on the years 1997–2005, an increase of traffic by one percent leads to a rise in variable infrastructure costs by 0,15–0,29 percent. An increase in track length by one percent leads to a rise in variable infrastructure costs by 0,77–1 percent. According to nine year panel data, the cost elasticities are 0,19 and 0,86 respectively.

The marginal rail infrastructure costs weighted by all track sections are 0,07–0,18 cents/gross tonne kilometre (in 2005 prices), when derived from cost functions estimated by cross section data (1997–2005). When derived from nine year panel data, marginal costs are 0,09–0,14 cents/gross tonne kilometre (in 2005 prices), depending on the number of observations included in the data and specification of the cost function. The results indicate no need for adjusting the basic charge.

The cost functions should be further developed by adding variables that can characterise the technical and quality differences of track sections. Such potential variables are e.g. the number of switches and geometrical quality. Classification of the track sections by e.g. maximum speed and load capacity should also be experimented.

Finnish data allows estimating cost functions and marginal costs separately for maintenance costs and total variable costs (maintenance costs and renewals investments). Therefore, also separate pricing of these costs is possible, as well as differentiated pricing on different parts of the network. However, differentiation of charges by the wear characteristics of railway carriages can not be studied with Finnish data and the methodology presented in this report. The data can not be separated by the type of traffic or carriages due to simultaneous use of almost all track sections. The wear characteristics of carriages should analysed by other practices.

The possibility of setting a charge on traffic on marshalling yards and associated side tracks was also studied. Although variable infrastructure costs are systematically registered and can be identified for most marshalling yards, the lack of systematic data on traffic and technical features of marshalling yards did not allow estimating cost functions. As registers develop and provide data in the future, the issue should be re-assessed.



## ESIPUHE

Ratamaksun periminen perustuu EU:n kapasiteetti- ja ratamaksudirektiiviin vuodelta 2001 ja sen pohjalta tehtyyn kotimaiseen lainsäädäntöön, kuten rautatielain ratamaksua koskeviin pykäliin ja rataverolakiin.

Kapasiteetti- ja ratamaksudirektiivin perusajatus on, että ratamaksun tulisi vastata vähintään liikenteen radanpitäjälle suoraan aiheuttamia kustannuksia. Näitä syntyy esimerkiksi junien kulun aiheuttamasta radan kulumisesta ja kunnossapitotarpeesta. Tällaisia kustannuksia kutsutaan myös rajakustannuksiksi. Mikäli jäsenvaltio haluaa kerätä liikennöitsijöiltä enemmän rahaa radanpidon kustannusten kattamiseksi, voi se asettaa lisämaksuja (*mark-up*) tai kapasiteettimaksuja. Uuden hankkeen rahoittamiseksi se voi asettaa myös erillisiä investointimaksuja tietyn yhteysvälin liikenteelle.

Ratamaksu koostuu Suomessa perusmaksusta ja rataverosta. Kummatkin peritään erikseen tavaraja henkilöliikenteen bruttotonnikilometrisuoritteiden perusteella. Perusmaksu vastaa radan kulumisen rajakustannuksia, jotka on määritetty ekonometrisin menetelmin vuosien 1997–1999 selvityksestä alkaen. Ratavero tuli vuonna 2003 korvaamaan tavaraliikenteen kiinteää maksua ja osin ns. ulkoisiin kustannuksiin perustuvia maksuja. Ratavero on luonteeltaan direktiivin mukainen lisämaksu. Oikoradan käytöstä peritään investointiveroa, joka kattaa radan rakentamiskustannuksia. Investointiveroa on tarkoitus kerätä 60 M€ 15 vuoden aikana.

Direktiivin mukaan ratamaksu tulee jäädä radanpitäjän käyttöön ja sitä kautta rautatieliikenteen edellytysten parantamiseen. Suomessa perusmaksu jää radanpitäjän käyttöön, mutta ratavero ohjataan valtion kassaan kuten muutkin verot. Perusmaksun kokonaissumma on ollut viime vuosina noin 40 M€ ja rataveron noin 15 M€. Yhdessä ne kattavat noin 15 % perusradanpidon kustannuksista.

Tälle selvitykselle asetettiin kolme tavoitetta. Ensiksi, perusmaksun suuruutta on selvitetty kolmen vuoden välein, viimeksi vuosien 1997–2002 aineistolla. Nyt tarkasteluun lisättiin vuodet 2003–2005. Tavoitteena oli selvittää, ovatko rajakustannukset muuttuneet ja olisiko ratamaksun tasoa näin ollen muutettava. Toiseksi, rajakustannusten määrittämisessä käytetty aineisto on koskenut vain ratalinjoja. Nyt haluttiin selvittää, voitaisiinko rajakustannukset ja raiteistojen kulumiseen perustuva ratamaksu määrittää myös ratapihojen liikenteelle.

Kolmanneksi, raporttiin koottiin tietopaketti ratamaksun perusteista ja sen taustalla olevista periaatteista sekä Suomen ja muiden maiden ratamaksukäytännöistä. Selvityksessä ei ratapihaliikenteen rajakustannuksiin perustuvaa ratamaksua lukuun ottamatta selvitetty mahdollisten uusien elementtien lisäämistä ratamaksuun.

Ohjausryhmän vetäjänä toimi apulaisjohtaja Martti Kerosuo Ratahallintokeskuksesta. Ohjausryhmään kuuluivat lakimies Laura Kuistio, ylitarkastaja Matti Nissinen, ylitarkastaja Pentti Hirvonen ja ylitarkastaja Harri Lahelma Ratahallintokeskuksesta sekä neuvotteleva virkamies Tuomo Suvanto liikenne- ja viestintäministeriöstä. Selvityksen tekivät KTM Juha Tervonen (JT-Con) ja KTT Saara Pekkarinen (SP Tutkimus).

Helsingissä, maaliskuussa 2007  
Ratahallintokeskus



## YHTEENVETO

Tässä työssä tarkastellaan Suomen ratamaksua. Tarkemmin käsitellään perusmaksua ja perusmaksun tason määrittämismenetelmää. Erikseen arvioidaan ratapihojen käytön kustannusperusteista hinnoittelua. Työssä kuvataan myös muissa Euroopan maissa käytössä olevia ratamaksujärjestelmiä.

Ratahallintokeskus perii perusmaksua rautatielain 13 § 1 momentissa tarkoitetuista tarjoamistaan palveluista ja muista hyödykkeistä, eli muun muassa rataverkon käytöstä. Perusmaksu on määritetty radan kulumisen rajakustannusten mukaan. Se tarkoittaa radanpidon kustannusmuutosta, joka aiheutuu liikenteen lisääntyessä yhdellä suoriteyksiköllä.

Suoritteiden vaikutus radanpidon kustannuksiin määritetään estimoimalla radanpidon kustannusfunktioita. Kustannusfunktiot ovat tuotantoteknologioita kuvaavia tilastollisia malleja. Kustannusaineisto koostuu lyhyellä aikavälillä muuttuvista radanpidon kustannuksista, eli kunnossapidosta ja korvausinvestoinneista. Kustannusfunktioita estimoidaan sekä muuttuville kokonaiskustannuksille (kunnossapito + korvausinvestoinnit) että pelkille kunnossapidon kustannuksille.

Radanpidon kustannusfunktioita ja rajakustannuksia on tarkasteltava muutaman vuoden välein, jotta tiedetään onko perusmaksun tasoa syytä muuttaa. Perusmaksun nykyinen taso on johdettu vuosien 1997–1999 poikkileikkausaineistoilla estimoiduista kustannusfunktioista. Kustannusfunktioita ja rajakustannusten tasoa on tarkasteltu sittemmin vuosien 1997–2002 aineistoilla, mutta perusmaksun tasoa ei ole muutettu.

Tässä työssä kustannusfunktiota ja rajakustannusten tasoa on tarkasteltu vuosien 1997–2005 poikkileikkausaineistoilla sekä vuosiaineistot yhdistävällä paneeliaineistolla. Uusin aineisto on vuosilta 2003–2005. Mitä pidempi aikasarja-aineisto on käytettävissä, sitä enemmän saadaan tietoa kustannusfunktioiden ja rajakustannusten vuosittaisista vaihteluista. Lisäksi voidaan laskea pidemmän aikavälin keskimääräisiä kustannusfunktioita ja rajakustannuksia.

Työssä esitetty eurooppalaisten ratamaksujen katsaus kertoo, että maksujen tyypejä on lukuisa määrä. Useiden suoriteperusteisten maksujen yhdistelmä on suosittu hinnoittelumalli. Muutamissa tapauksissa maksut ovat rajakustannusperusteisia. Tuottojen suhde radanpidon kustannuksiin vaihtelee maittain huomattavasti.

Suomen ratamaksu poikkeaa useista Euroopan maista siten, ettei Suomessa hinnoitella muun muassa liikenteenohjauksen kustannuksia ja ratakapasiteetin niukkuutta. Eräissä maissa myös junakaluston rataa kuluttavia ominaisuuksia otetaan huomioon lisämaksuin tai hyvityksin. Suomessa liikenteenohjaus on oletettu liikenteen määrästä vähemmän riippuvaksi kiinteäksi kustannukseksi. Ratakapasiteettia ei ole hinnoiteltu yhden liikennöitsijän markkinoilla. Toisaalta Suomessa ulkoiset kustannukset (onnettomuudet ja päästöt), ovat olleet osittain rataveron taustalla, kun useimmissa maissa niitä ei ole huomioitu.

Rajakustannusten laskennan vaiheet ovat: 1) jaotellaan radanpidon kustannukset lyhyellä aikavälillä liikenteen määrän mukaan muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin, 2) määritetään radanpidon kustannusfunktio, joka selittää muuttuvien kustannusten määrää rataverkon käyttöä tai ominaisuuksia kuvaavilla muuttujilla, 3) jaetaan

rataverkko rataosiin, joille voidaan määrittää muuttuvat kustannukset, suoritteet ja tekniset ominaisuudet, 4) estimoidaan kustannusfunktio ja 5) lasketaan rajakustannukset derivoimalla kustannusfunktio liikenteen määrän suhteen.

Suomen rataverkko on jaettu aineistossa noin 90 rataosaan (pl. ratapihat). Tilastoista ja rekistereistä jokaiselle rataosalle voidaan määrittää vuosittain toteutuneet radanpidon kustannukset (erikseen kunnossapito ja korvausinvestoinnit), vuosittainen liikennesuorite (bruttotonnit) sekä teknisiä ja liikenteellisiä ominaisuustietoja (mm. raidepituus, raiteiden lukumäärä, nopeusluokka, tekninen laatu, palvelutaso ja kantavuus).

Estimoititulosten mukaan radanpidon muuttuvia kustannuksia selittäviä muuttujia ovat rataosan liikenne (bruttotonnit) ja rataosan raidepituus (km). Eräissä estimoinneissa myös vaihteiden lukumäärä nousee selittäväksi muuttujaksi (lähinnä erilliset kunnossapidon kustannusfunktiot). Estimoitujen mallien selitysasteet ovat kohtalaisen korkeita.

Vuosien 1997–2005 poikkileikkausaineistojen mukaan liikenteen lisäys yhdellä prosentilla kasvattaa radanpidon muuttuvia kustannuksia 0,15–0,29 prosenttia (kustannusjousto). Raidepituuden lisääminen prosentilla kasvattaa radanpidon muuttuvia kustannuksia 0,77–1 prosenttia. Yhdeksän vuoden paneliaineiston mukaan vastaavat joustot ovat 0,19 ja 0,86.

Radanpidon kustannusfunktioita tulisi kehittää muuttujilla, jotka kuvaavat rataosien teknisiä ja laadullisia eroja. Vaikka nyt estimoidut mallit toimivat varsin hyvin, on niiden tarjoama informaatio suppeaa. Rekistereiden ja muiden taustatietojen laadun kehittyessä voidaan malleissa kokeilla esimerkiksi vaihteiden lukumäärää sekä geometristä kuntoa kuvaavien muuttujien toimivuutta. Lisäksi rataosia voidaan ryhmitellä esimerkiksi nopeustason ja kantavuuden mukaan.

Vuosien 1997–2005 muuttuvien kokonaiskustannusten poikkileikkausaineistoista lasketut radan kulumisen rajakustannukset ovat koko rataverkolle painottaen 0,07–0,18 snt/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa). Tarkasteluajanjakson alussa rajakustannusten taso on korkea, jonka jälkeen radanpidon rahoitustason muutos alentaa rajakustannuksia. Vuodesta 2003 alkaen rajakustannusten taso nousee.

Yhdeksän vuoden muuttuvien kokonaiskustannusten paneliaineistosta estimoitu koko rataverkolle painotettu radan kulumisen rajakustannus on estimointitavasta ja otoksen koosta riippuen 0,09–0,14 snt/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa). Nykyinen perusmaksun taso (tavaraliikenne 0,1227 snt/bruttotonnikilometri ja henkilöliikenne 0,1189 snt/bruttotonnikilometri) vastaa vuoden 2005 hinnoissa esitettyjä tuloksia.

Nimellishintaisissa tarkasteluissa vuosien 1997–2005 muuttuvien kokonaiskustannusten poikkileikkausaineistoista lasketut radan kulumisen rajakustannukset ovat koko rataverkolle painottaen tarkasteluvuodesta riippuen 0,06–0,13 snt/bruttotonnikilometri.

Pelkille kunnossapidon kustannuksille lasketut rajakustannukset ovat paneeliaineistojen mukaan 0,019–0,026 snt/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa). Vertailu kertoo, että korvausinvestointien painoarvo radanpidon muuttuvissa kustannuksissa on suuri.

Suomen aineistot sallivat rajakustannusten laskemisen erikseen kunnossapitokustannuksille ja korvausinvestoinneille. Rajakustannuksia voidaan laskea koko rataverkon tai yksittäisten rataosien tasolla, mutta myös esimerkiksi palvelutason mukaan luokiteltujen rataosaryhmien tasolla. Tämä sallii eriytetyn hinnoittelun esimerkiksi palvelutason mukaan, tai rataosilla, joilla tehdään runsaasti korvausinvestointeja.

Junakaluston rataa kuluttavien ominaisuuksien huomioon ottaminen hinnoittelussa ei onnistu tässä raportissa esitetyllä menetelmällä aineiston muodostamiseen liittyvistä syistä. Suomessa lähes kaikki rataosat ovat yhteiskäytössä, eikä kustannusfunktioita voida estimoida tietyn kalustotyypin liikenteelle. Kaluston ominaisuuksien mukaan määräytyviä lisämaksuja ja hyvityksiä tulee pohtia esimerkiksi teknisen tietämyksen pohjalta.

Työssä arvioitiin myös rajakustannusperusteisen maksun määrittämistä ratapihojen liikenteelle. Tilastot ja rekisterit eivät tarjoa riittävästi tietoa kustannusfunktion muodostamiseksi. Suurimpien ratapihojen muuttuvat kustannukset tiedetään, mutta ratapihojen teknisiä ja laadullisia ominaisuuksia sekä liikennesuoritteita ei voida määrittää riittävän hyvin. Liikennepaikka- ja vaihderekisterit sallivat ominaisuustietojen tarkemman määrittelyn tulevaisuudessa. Suoritetiedot on määritettävä laajentamalla rautatietilastointia ratapihojen liikenteeseen.

## Sisällysluettelo

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 RATAVERKON KÄYTÖN HINNOITTELU .....</b>	<b>12</b>
2.1 HINNOITTELUN PERIAATTEET .....	12
2.2 RATAMAKSUT EUROOPAN MAISSA.....	13
2.3 SUOMEN RATAMAKSU .....	18
<b>3 RAJAKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ.....</b>	<b>20</b>
3.1 LASKENTAMENETELMÄN VAIHEET .....	20
3.2 MUUTTUVIEN JA KIINTEIDEN KUSTANNUSTEN LUOKITTELU.....	20
3.2 KUSTANNUSFUNKTIO, AINEISTON MUOTO JA RAJAKUSTANNUSTEN LASKENTA.....	22
<b>4 AIKAISEMPIA LASKENTATULOKSIA .....</b>	<b>30</b>
<b>5 LASKENTA-AINEISTON KUVAUS .....</b>	<b>32</b>
5.1 RATAOSAT .....	32
5.2 RATAOSIEN LIIKENNESUORITE .....	32
5.3 RATAOSIEN OMINAISUUDET .....	34
5.4 MUUTTUVAT KUSTANNUKSET RATAOSILLA .....	34
<b>6 RADANPIDON KUSTANNUSFUNKTIO JA RAJAKUSTANNUKSET .....</b>	<b>36</b>
6.1 YLEISTÄ.....	36
6.2 POIKKILEIKKAUSAINESTOT 2003–2005 .....	37
6.2.1 Muuttuvat kokonaiskustannukset.....	37
6.2.2 Kunnossapitokustannukset .....	39
6.3 YHDISTELMÄAINESTOT 1997–2005 .....	41
6.3.1 Yhdistelmäaineistojen muodostaminen .....	41
6.3.2 Muuttuvat kokonaiskustannukset.....	41
6.3.3 Kunnossapitokustannukset .....	45
6.4 VERTAILUA 1997–2005 .....	46
6.4.1 Muuttuvat kokonaiskustannukset, poikkileikkausaineistot nimellisin hinnoin .....	46
6.4.2 Kunnossapitokustannukset, poikkileikkausaineistot nimellisin hinnoin.....	48
6.4.3 Muuttuvat kokonaiskustannukset, poikkileikkausaineistot kiintein hinnoin..	49
6.4.4 Poolattu aineisto ja paneliaineistot kiintein hinnoin.....	51
6.5 KORVAUSINVESTOINTIEN ERILLISTARKASTELU .....	52
6.6 LASKENNAN KEHITTÄMINEN.....	54
6.7 PERUSMAKSUN TASO SEKÄ RATAMAKSUN KEHITTÄMINEN .....	56
<b>7 RATAPIHOJEN KÄYTÖN HINNOITTELU.....</b>	<b>58</b>
7.1 YLEISTÄ.....	58
7.2 RATAPIHOJEN KÄYTÖN HINNOITTELU ERÄISSÄ MAISSA .....	59
7.3 RATAPIHAT, LUOKITUKSET JA TEKNISET OMINAISUUDET SUOMESSA.....	60
7.4 RATAPIHOJEN LIIKENNESUORITTEET.....	61
7.5 MUUTTUVAT KUSTANNUKSET RATAPIHOILLA .....	63
7.6 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ RATAPIHOJEN HINNOITTELUMAHDOLLISUUKSISTA .....	66

### Lähteet

**Liitteet**      Liite 1 Esimerkki korvausinvestointien jatkotutkimuksesta



## 1 Johdanto

Suomessa rataverkon käytöstä peritään liikennesuoritteiden mukaisesti perusmaksua, rataveroa ja investointiveroa. Tässä työssä tarkastellaan perusmaksua. Perusmaksua peritään rautatielain 13 § 1 momentissa tarkoitetuista palveluista.

Perusmaksun taso on määritetty radan kulumisen rajakustannusten mukaan. Se tarkoittaa radanpidon lyhyellä aikavälillä muuttuvia kustannuksia, jotka aiheutuvat suoraan rataverkon liikennesuoritteista. Jokainen rataosilla kulkenut bruttotonni aiheuttaa radanpidon muuttuvien kustannusten lisäyksen. Suoritteiden vaikutus radanpidon kustannuksiin määritetään kustannusfunktioilla.

Nykyinen perusmaksun taso on johdettu vuosien 1997–1999 poikkileikkausaineistoilla estimoiduista radanpidon kustannusfunktioista (Idström, 2002). Radanpidon kustannusfunktioita ja rajakustannuksia on tarkasteltava muutaman vuoden välein, jotta tiedetään, onko perusmaksun tasoa syytä muuttaa.

Rajakustannukset voivat muuttua muun muassa rataosien käytön, rataosan teknisten ja laadullisten ominaisuuksien sekä radanpidon kustannustehokkuuden muuttuessa. Radanpidon rahoitustasolla on myös merkittävä vaikutus rajakustannusten tasoon. Lisäksi laskentamenetelmän kehittäminen vaikuttaa tuloksiin.

Kustannusfunktioita ja rajakustannuksia on tarkasteltu uudemman kerran vuosien 1997–2002 aineistoilla (Tervonen & Idström, 2004a). Perusmaksun tasoa ei ollut tuolloin tarvetta muuttaa. Nyt käytettävissä on uutta vuosiaineistoa. Kustannusfunktioita ja rajakustannusten tasoa voidaan tarkastella vuosien 1997–2005 poikkileikkausaineistoilla sekä poikkileikkausvuodet yhdistävällä paneeliaineistolla.

Raportissa kuvataan radanpidon kustannusfunktion muodostaminen, laskenta-aineiston kokoaminen, kustannusfunktion estimointi ja rajakustannusten laskenta. Työssä on tehty myös useita kustannusfunktion estimointitapaan liittyviä kokeiluja.

Tulosten perusteella arvioidaan, vastaako nykyinen perusmaksun taso radan kulumisen rajakustannuksia. Lisäksi arvioidaan, voidaanko rataverkon käytön hinnoittelua kehittää tämän työn tulosten perusteella ja kuinka radanpidon kustannusfunktion estimointia tulisi kehittää.

Raportissa arvioidaan erikseen, voitaisiinko ratapihojen käyttöä hinnoitella perusmaksun määrittämistä vastaavalla kustannusperusteisella tavalla. Raportissa kuvataan myös rataverkon käytön hinnoitteluperiaatteita ja käytäntöjä Euroopan maissa.



## 2 Rataverkon käytön hinnoittelu

### 2.1 Hinnoittelun periaatteet

Infrastruktuurien tehokkaan hinnoittelun periaatteet on kuvattu taloustieteen teorioissa. Periaatteet kuvaavat, miten liikenteestä infrastruktuurin ylläpitäjälle ja muulle yhteiskunnalle aiheutuvia kustannuksia katetaan siten, että samalla edistetään kuljetusmarkkinoiden tehokasta toimintaa.<sup>1</sup>

Kuljetusmarkkinoiden tehokkuudella tarkoitetaan olemassa olevien infrastruktuurien aktiivista käyttöä ja uusien toimijoiden helppoa pääsyä markkinoille. Kustannusten kattaminen liittyy infrastruktuurien rahoittamiseen ja kustannusvastaavuuteen.

Mainittuja tavoitteita on vaikea toteuttaa täydellisesti yhtä aikaa. Rautatieinfrastruktuurin, kuten yleensäkin yhteiskunnan tarjoamien infrastruktuurien, tarjonta on pääomavaltaista tuotantoa, jossa kiinteät tuotantokustannukset ovat korkeat. Lisäksi infrastruktuureja yleensä tarjotaan monopoliasemassa.

Mikäli pääomakustannuksia jyvitetäisiin jokaiselle rataverkolle pyrkivälle suoritteelle, voisivat hinnat olla niin korkeat, etteivät kaikki halukkaat liikennöitsijät voisi käyttää rataverkkoa. Se ei edistäisi olemassa olevan infrastruktuurin käyttöä.

Jos rataverkolle halutaan paljon liikennettä, on tingittävä kustannusten kattamistavoitteista. Toisaalta alihinnoittelu voi johtaa kapasiteetin ylikysyntään (ja ruuhkautumiseen) sekä hintojen vääristymään kilpaileviin infrastruktuureihin nähden.<sup>2</sup>

Euroopan yhteisössä pyritään lisäämään rautatieinfrastruktuurin käyttöä ja avataan rautateitä kilpailulle kansallisessa ja rajat ylittävässä liikenteessä. Tällä on merkittävä vaikutus hinnoittelupolitiikkaan. Infrastruktuurien käytöstä peritty hinta ja sen määräytymistapa ovat tärkeitä tekijöitä, kun uudet liikennöitsijät pohtivat alalle tuloa ja entiset liikennöitsijät pohtivat toiminnan laajentamista.

Euroopan yhteisössä omaksutun periaatteen mukaan rautatieliikenteeltä tulee periä vähintään maksu, joka kattaa välittömästi liikennesuoritteista aiheutuvat radanpidon kustannukset. Tätä kutsutaan rajakustannushinnoitteluksi.<sup>3</sup> Periaate on esitetty rautateiden infrastruktuurikapasiteetin käyttöoikeuden myöntämisestä ja rautateiden infrastruktuurin käyttömaksujen perimisestä annetussa direktiivissä (2001/14/EY).

Mikäli rataverkon käytöstä peritään vain liikenteestä välittömästi aiheutuvat infrastruktuurin kulumista vastaavat kustannukset, eivät uudet liikennöitsijät joudu maksamaan menneistä investoinneista. Rajakustannuksiin perustuva maksu suosii

<sup>1</sup> Ks. esimerkiksi Valetti & Estache (1998), European Commission (1999) ja Department of Transport and Regional Services (2003).

<sup>2</sup> Teorian mukaan ruuhkautumista hallitaan omin keinoin, esimerkiksi kapasiteetti- tai ruuhkamaksuilla.

<sup>3</sup>  $P = mc$  (price equals marginal cost). Rajakustannus on tuotantokustannusten muutos, joka seuraa siitä, että tuotos kasvaa yhdellä yksiköllä (radanpidon kustannusten muutos, kun liikenne lisääntyy yhdellä yksiköllä).

rautateiden käytön lisäystä, mutta kattaa lisäliikenteestä välittömästi aiheutuvat radanpidon kustannukset. Tästä kuitenkin seuraa, että radanpidon pääomakustannukset lankeavat valtion kustannettavaksi, ellei kiinteitä kustannuksia kateta muilla maksuilla.

Direktiivissä sallitaan radanpidon kiinteitä kustannuksia ja myös muita yhteiskuntaan kohdistuvia kustannuksia kattavien täydentävien maksujen perintä. Lisäksi voidaan hinnoitella myös rataverkon käyttöoikeutta ja olemassa olevan kapasiteetin niukkuutta. Myös rataverkon kapasiteettia lisäävien investointien kustannuksia voidaan kattaa erillisillä maksuilla.<sup>4</sup>

Kaikilla maksuilla on oltava nimetty tehtävä, ja myös yhteys palvelun tuottamisen kustannuksiin.<sup>5</sup> Täydentävät maksut eivät siis ole puhtaasti rataverkon rahoituskeino, lukuun ottamatta lisämaksua (*mark-up*), jonka asettamistapa on määritetty väljimmin. Kaikki maksut tulee asettaa siten, että rataverkolla jo toimivia liikennöitsijöitä ja rataverkolle pyrkiviä uusia liikennöitsijöitä kohdellaan tasapuolisesti. Lisäksi maksujen tulee olla hallinnollisesti selkeitä ja yksinkertaisia toteuttaa.

#### **Rataverkon käytön hinnoittelu direktiivin 2001/14/EY mukaan**

Hinnoittelun minimitaso: Rautatieliikenteeltä on perittävä vähintään olemassa olevan rataverkon käytöstä suoraan radanpitäjälle aiheutuvat kustannukset.

Muita direktiivin sallimia maksuja:

- ympäristöperusteiset maksut
- ratakapasiteetin niukkuusperusteiset maksut
- lisämaksut (*mark-up*) kiinteiden kustannusten kattamiseksi
- investointimaksut
- kapasiteetin varausmaksut

## **2.2 Ratamaksut Euroopan maissa**

Euroopassa rataverkkojen käytön hinnoittelu on kirjavaa (taulukko 2.1). Käytössä on kiinteitä maksuja sekä eri perusteilla perittyjä muuttuvia maksuja. Rajakustannushinnoittelu (MC) sekä rajakustannushinnoittelun ja muun suoriteperusteisten hinnoittelun yhdistelmä (MC+) on yleinen.

Täyttä kustannusvastaavuutta tavoittelevat kiinteät maksut (FC) ovat yleisiä lähinnä Itä-Euroopassa. Kiinteiden maksujen tuottoa täydennetään myös valtion rahoituksella kustannusvastaavuuden saavuttamiseksi (FC-). Sama tosin pätee myös rajakustannushinnoittelua soveltaviin maihin.

Hinnoittelun tuotto suhteessa radanpidon menoihin vaihtelee maittain rajusti. Rajakustannushinnoittelun ja muiden suoriteperusteisten maksujen yhdistelmillä katettiin taulukon 2.1 vertailutilanteessa alhaisimmillaan vain 5 prosenttia ja parhaimmillaan yli puolet kaikista radanpidon menoista.

<sup>4</sup> Kustannusluokituksissa eritellään olemassa olevan infrastruktuurin pääomakustannukset (uponneet kustannukset) ja kapasiteetin laajentamistarpeista aiheutuvat uudet pääomakustannukset.

<sup>5</sup> Rajakustannusperiaatetta voidaan soveltaa myös esimerkiksi ympäristöperusteiseen hinnoitteluun.



Hinnoittelun ja kustannusvastaavuuksien erot johtuvat muun muassa radanpidon ja rautatieliikenteen organisointitavasta sekä rautatieliikenteen kustannusvastaavuustavoitteista. Liikennöitsijöiden lukumäärä vaikuttaa siihen, tarvitaanko kapasiteetin käyttöä ohjaavia maksuja. Euroopan maissa ei ole kyetty uudistamaan rautatieliikenteen hinnoittelua yhtenevästi.

*Taulukko 2.1. Rataverkon käytön hinnoittelu ja tuottojen suhde radanpidon menoihin (ml. pääomakustannukset) Euroopan maissa (ECMT, 2005)<sup>6</sup>*

Maa	Hinnoittelun periaate	Kiinteä maksu	Maksu per brtkm	Maksu per junakm	Maksu per ratakm	Kustannusvastaavuus
Itävalta	MC+		x	x		> 25 %
Belgia	FC-			x		20 %
Bulgaria	MC+		x	x		> 60 %
Tsekki	MC+		x	x		30 %
Tanska	MC+			x		20 %
Viro	FC-	x	x	x		100 %
Suomi	MC+		x			> 15 %
Ranska	MC+	x		x	x	> 60 %
Saksa	FC-			x		60 %
Unkari	FC			x	x	80 %
Italia	FC-	x		x	x	> 15 %
Latvia	FC			x		100 %
Alankomaat	MC			x		> 10 %
Puola	FC			x	x	> 90 %
Portugali	MC			x		20 %
Romania	FC	x	x		x	> 50 %
Slovenia	FC			x		> 10 %
Ruotsi	MC+		x			5 %
Sveitsi	MC+		x	x		30 %
Iso-Britannia	MC+			x		50 %

Liki pitäen kaikissa maissa kunnossapitokustannukset ovat mukana suoriteperusteisten maksujen määrittämisperusteissa (taulukko 2.2). Liikenteen suunnittelu sekä rataverkon käyttö (mm. liikenteenohjaus ja kulunvalvonta) ovat myös mukana useimpien maiden hinnoittelussa.

Ruuhka- ja kapasiteettihinnoittelua esiintyy maissa, joiden rataverkolla on useampia liikennöitsijöitä. Muuhun yhteiskuntaan kohdistuvia kustannuksia (onnettomuudet ja ympäristövaikutukset) ei hinnoitella laajalti.

Korvausinvestointeja hinnoitellaan vain noin puolessa Euroopan maista. ECMT:n (2005) mukaan korvausinvestointien hinnoittelun tulisi olla yleisempää. Jos näin ei tehdä, maksetaan rataverkon käytöstä esimerkiksi kansainvälisissä kuljetusketjuissa eri suhteessa eri maiden rataverkolla.

<sup>6</sup> Käytössä on myös pistemäisiä ja rataosakohtaisia maksuja sekä reitin, kaluston ominaisuuksien ja ajan- kohdan mukaan määräytyviä maksuja. Myös kaluston seisottamisesta rataverkon raiteilla peritään vuokraa (ks. luku 7). Norja ei ole mukana ECMT:n vertailussa. Ohessa on Norjaa koskeva erillinen esimerkki.

Taulukko 2.2. Euroopan maiden ratamaksujen tekijöitä (ECMT, 2005)

	Kunnossa- pito	Korvaus- inves- toinnit	Liikenteen suunnittelu ja rataverkon käyttö	Ruuhka ja kapasiteetin niukkuus	Onnetto- muudet	Ympä- ristö
Itävalta	x			x		
Tsekki	x		x	x		
Tanska	x			x		
Viro	x	x	x			
Suomi**	x	x				x
Ranska	x	x	x	x		
Saksa	x	x	x	x		
Unkari	x	x	x			
Italia			x	x		
Latvia	x	x	x			
Alankomaat	x		x			
Puola	x	x	x			
Portugali	x		x			
Romania	x		x			
Slovenia	x	x	x			
Ruotsi	x				x	x
Sveitsi	x	x	x	x		x*
Iso-Britannia	x	x		x		

\* Melubonus \*\* ECMT:n tulkinnoista poiketen Suomen rataveron taustalla ovat olleet päästö-  
kustannusten lisäksi myös rautatieliikenteen onnettomuuskustannukset.

### Esimerkki 2.1 Norjan ratamaksu

Norjan ratamaksua peritään vain tavaraliikenteeltä (Jernbaneverket, 2006). Maksu perustuu lyhyen aikavälin rajakustannuksiin, mutta sen taso on sovitettu tieliikenteeltä perittäviin polttoaineveroihin. Yli 22,5 tonnin akselipainon kantavilla rataosilla peritään korotettua maksua. Vuonna 2006 ratamaksun perusmaksu on 0,0122 NOK/brtkm (0,0015 €/brtkm). Yli 22,5 tonnin akselipainoilla maksu on 0,019 NOK/brtkm (0,0024 €/brtkm).\*

Poikkeuksen muodostaa Oslon kansainväliselle lentoasemalle vievä rataosa Etterstad – Gardemoen. Liikenteeltä perittävien maksujen tulee kattaa rataosan ylläpidon ja käytön kokonaiskustannukset. Ratamaksu on 14,30 NOK/junakm (1,81 €/junakm). Lisäksi rataosan asemilla peritään maksu jokaista pysähdystä kohti: Oslon terminaali 92,90 NOK/juna (11,76 €/juna), Lilleström 15,50 NOK/juna (1,96 €/juna) ja Gardemoen (lentoaseman terminaali) 61,90 NOK/juna (7,84 €/juna).

\* Valuuttakurssi kesällä 2006: 1 € = 7,9 NOK.

### Esimerkki 2.2 Ruotsin ratamaksut

Ruotsin rataverkon käytöstä perittävät maksut uudistetaan vuoden 2007 alusta (Banverket, 2006a ja 2006b). Maksut perustuvat rajakustannuksiin tai ovat muilla tavoin määritettyjä erillisiä maksuja. Osalle maksuista ei toistaiseksi ole määritetty varsinaista maksun tasoa.

Rajakustannuksiin perustuvia maksuja peritään rataverkon liikennöitävyydestä ja käytöstä radanpitäjälle aiheutuvien kustannusten sekä yhteiskunnallisten kustannusten

(päästöt, melu ja onnettomuudet) perusteella. Kapasiteettimaksua voidaan periä ruuhkautuvalla rataosalla.

Erillisiä maksuja on kahdenlaisia

- a) Infrastruktuurin ylläpitämisen kiinteitä kustannuksia kattava maksu asetetaan siten, ettei sen taso luo millekään osapuolelle rataverkon käytön rajoitetta.
- b) Erityisen investoinnin kustannuksia kattava maksu voi perustua täyteen rahoitusvastaavuuteen (ml. pääoma-, käyttö- ja ylläpitokustannukset).

Rautatieliikenteen edistämiseksi voidaan periä alennettuja maksuja esimerkiksi vähäliikenteisillä rataosilla. Maksua voidaan periä myös muista liikennöitsijöille tarjotuista palveluista.

Reittimaksu vuonna 2007

- henkilöliikenteen tai tavaraliikenteen juna 0,25 SEK/junakm (0,027 €/junakm)
- Öresundin sillan ylittävä henkilöliikenteen juna 0,25 SEK/junakm (0,027 €/junakm)
- Öresundin sillan ylittävä tavaraliikenteen juna 2 325 SEK/juna/ylitys (253 €/juna)
- huolto- tai ylläpitotöissä liikkuva juna 0,25 SEK/junakm (0,027 €/junakm)

Henkilöjunaliikenteen erityismaksu vuonna 2007 (koskee kaikkia henkilöliikenteen junia koko rataverkolla): 0,0078 SEK/brtkm (0,00085 €/brtkm).

Rajakustannusperusteiset maksut vuonna 2007

- ratamaksu 0,0029 SEK/brtkm (0,00032 €/brtkm)
- onnettomuusmaksu 0,65 SEK/junakm (0,071 €/junakm)
- päästömaksu: dieselmoottorilla varustettu henkilöliikenteen juna 0,22 SEK/kulutettu polttoainelitra; dieselveturi 0,39 SEK/kulutettu polttoainelitra (0,024 €/0,042 €).

Maksut terminaali-, ratapiha- ja muiden raiteiden käytöstä (pysäköinti) vuonna 2007

- rahtiliikenteen terminaalin raiteiden käyttö 0 SEK/tunti/100 raidemetriä
- järjestelyratapihan käyttö 0 SEK/tunti/100 raidemetriä
- radan/ratapihan käyttö junanmuodostukseen 0 SEK/tunti/100 raidemetriä
- henkilöliikenteen junan tai vaunujen pysäköinti rataverkon käyttöä odottamaan (maksimissaan 60 tuntia ennen liikennöintiä) 0 SEK/tunti/100 raidemetriä
- tavaraliikenteen junan tai vaunujen pysäköinti rataverkon käyttöä odottamaan (maksimissaan 60 tuntia ennen liikennöintiä) 0 SEK/tunti/100 raidemetriä
- liikenteeseen lähtevä kulkulupaa odottava juna 5 SEK päivä/100 raidemetriä (0,5 €)
- muu (pidempään) lähtöä odottava juna 375 SEK/tunti (41 €/tunti)

Maksuja peritään myös junien ja vaunujen koeajoista rataverkolla: 375 SEK/tunti (41 €/tunti) lisätyinä kokeiden aikana ratahallinnolle koituvilla kuluilla.

Vuonna 2007 rataosien käytöstä ei myönnetä alennuksia eikä peritä kapasiteettimaksuja.

\* Valuuttakurssi kesällä 2006: 1 € = 9,2 SEK.



### Esimerkki 2.3 Tanskan ratamaksu

Tanskan ratamaksu koostuu kilometrimaksusta, siltamaksuista ja kapasiteettimaksuista ([www.bane.dk](http://www.bane.dk)). Maksut ovat

- 1,84 DKK/junakilometri (0,25 €)
- Ison-Beltin silta: 5 679 DKK/henkilöjuna; 5 279 DKK/tavarajuna (757/704 €)
- Öresundin silta (Tanskan puoleinen osuus): 1 781 DKK/henkilöjuna; 2 155 DKK/tavarajuna (238/287 €)
- kapasiteettimaksut kolmella rataosalla: 310,59–1 035,29 DKK/juna (41–138 €)

Tavaraliikenteen ratamaksuista voidaan myöntää alennus, jolla ohjataan tavarakuljetuksia juniin ympäristösyistä. Alennus on 0,014 DKK/kuljetettu rahtitonnikilometri (0,0019 €).

\* Valuuttakurssi kesällä 2006: 1 € = 7,5 DKK.

### Esimerkki 2.4 Itävallan ratamaksu

Itävallan rataverkon käytöstä peritään radanpidon rajakustannuksiin perittäviä maksuja ja erillisiä maksuja (mark-up), jotka lisäävät maksujärjestelmän kustannusvastaavuutta (ECMT, 2005; ÖBB, 2005). Maksuissa otetaan huomioon junakaluston rataverkkoa kuluttavat ominaisuudet. Kahdella ruuhkaisella rataosalla peritään kapasiteettimaksua. Maksuja peritään myös asemien käytöstä. Asemamaksuja korotetaan, mikäli junat myöhästyvät asemille saapumisessa yli 5 minuutilla aikatauluun nähden. Yhteiskunnallisia ulkoisia kustannuksia (päästöt, melu ja onnettomuudet) ei ole hinnoiteltu.

Maksut ovat

- rajakustannusperusteinen maksu: 0,001 €/brtkm
- reittiperusteinen perusmaksu: 0,9–2,26 €/junakm rataosan ominaisuuksista riippuen (kuusi luokkaa)
- junakaluston laadun mukainen hyvitys/korotus/junakm: luokka A -0,04 €, luokka B 0,00 € ja luokka C 0,01 €
- kapasiteettimaksu: 1 €/junakm (kaksi rataosaa, tunnit 5:00 - 9:00 sekä 15:00–19:00)
- viivästysmaksu: 3 €/minuutti (yli 5 minuutin myöhästymiset)
- markkinasegmenteittäin määräytyvät korotukset/hyvitykset: suoriin tavarajunakuljetuksiin kohdistetaan korotus (0,29 €/junakm), kun taas yhdistettyihin tavarajunakuljetuksiin, henkilöjunaliikenteeseen sekä rataverkon huoltoliikenteeseen kohdennetaan erisuuruisia alennuksia (-0,04– -0,66 €/junakm)
- henkilöliikenteen asemien käyttö on hinnoiteltu koon mukaan pysähdystä kohti: luokka 1: 5,45 €, luokka:2 2,60 €, luokka 3: 1,69 €, luokka 4: 0,98 € ja luokka 5: 0 €.

Ratapihojen ja sivuraiteiden käytöstä peritään vuokraa seisotettaessa vaunuja yli 24 tuntia pitkiä jaksoja. Erinäisiä poikkeuksia kuitenkin sovelletaan. Maksuja peritään kalusto-, aika- ja etäisyysperusteella (vaunu-/junayksikkö, tunti, päivä ja ratametri). Rataverkon hallinnoija perii liikennöitsijöille myytävistä palveluista hinnaston mukaisia maksuja (esimerkiksi junanmuodostus ja viranomaispalvelut).

## 2.3 Suomen ratamaksu

Suomessa rataverkon liikennöitsijöiltä on peritty ratamaksua vuodesta 1990 lähtien. Hinnoittelua muutettiin, kun vuonna 2001 Euroopan yhteisössä hyväksyttiin niin sanottuun ensimmäiseen rautatiepakettiin kuuluvat direktiivit (mm. kapasiteetti- ja ratamaksudirektiivi 2001/14/EY).

Suomessa otettiin käyttöön radanpidon muuttuviin kustannuksiin (radan kulumisen rajakustannukset) ja rautatieliikenteestä muulle yhteiskunnalle aiheutuviin kustannuksiin (päästöt ja onnettomuudet) perustuva ratamaksu (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2002). Sitten ratamaksu on jaettu perusmaksuun ja rataveron, ja käyttöön on otettu investointivero (taulukko 2.3).

Ratahallintokeskus perii perusmaksun ja rataveron.<sup>7</sup> Perusmaksun tuotolla rahoitetaan radanpitoa. Rataveron tuotto tilitetään valtiovarainministeriölle. Vuonna 2005 perusmaksun tuotto oli 40,6 M€ (Ratahallintokeskus, 2005b) ja rataveron tuotto oli 15,45 M€<sup>8</sup>. Radanpidon menot olivat samana vuonna kokonaisuudessaan noin 495 M€. Uusinvestointien osuus menoista oli noin viidennes.

Perusmaksun ja rataveron perusteet on esitetty rautatielaissa (555/2006), rataverolaissa (605/2003), valmisteilla olevassa palveluasetuksessa ja liikenne- ja viestintäministeriön asetuksessa ratamaksun perusmaksusta (756/2006).

Perusmaksun piiriin kuuluvat valmisteilla olevan valtioneuvon asetuksen mukaan seuraavat rataverkon vähimmäiskäyttöpalvelut

- 1) ratakapasiteettihakemusten käsittely Ratahallintokeskuksessa
- 2) rautatieliikenteen harjoittajan oikeus käyttää Ratahallintokeskuksen sille myöntämää ratakapasiteettia
- 3) rataverkon liikennepaikkojen raiteiden käyttö sisältäen järjestelyratapihat, seisontaraiteet ja muut raiteistot
- 4) Ratahallintokeskuksen sähkönsiirtoverkon käyttö 2 ja 3 kohdan mukaisessa liikenteessä verkkoselostuksessa määritellyillä sähköistetyillä rataosuuksilla
- 5) junaliikenteen ohjaus
- 6) matkustajainformaatio- ja asemakuulutusjärjestelmät verkkoselostuksessa määritellyillä rautatieliikenteen liikennepaikoilla
- 7) matkustajaliikenteen laitureiden käyttö sekä valtion rataverkkoon kuuluvan kuormausraiteen käyttö

Ratavero perustuu kapasiteetti- ja ratamaksudirektiivin haitta- ja lisämaksuun. Haittamaksussa voidaan ottaa huomioon junaliikenteen ympäristövaikutusten kustannukset. Lisämaksua (mark-up) voidaan periä infrastruktuurin käytöstä aiheutuneiden kustannusten kattamiseksi.

<sup>7</sup> Perusmaksun ja verojen perintä perustuu liikennöitsijän tekemään suoriteilmoitukseen (brtkm). Suoritteissa on mukana liikennepaikkojen välinen kaupallinen henkilö- ja tavaraliikenne, jakelu- ja keräilyjunaliikenne, virka- ja työjunien liikenne sekä lisäksi on laskettu suorite yksinäisille vetureille. Tavaraliikenteen osalta tuotetaan erikseen sähkö- ja dieselledon suoritteet. Ratapihatoiminnoista ei tuoteta suoritetietoja.

<sup>8</sup> Ratahallintokeskuksen ilmoittaman mukaan.

Investointiveroa peritään kapasiteetin laajentamisesta aiheutuvien kustannusten kattamiseksi Kerava–Lahti -rataosalla 15 vuoden ajan rataosan käyttöönotosta alkaen. Investointiveron tuottotavoite on vähintään 4 M€ vuodessa. Tuottojen arvioidaan kattavan noin 20 prosenttia rataosan rakentamiskustannuksista.<sup>9</sup>

*Taulukko 2.3. Ratamaksu (Ratahallintokeskus, 2005a)*

	<b>Maksun suuruus, snt/bruttotonnikilometri</b>
Perusmaksu	Tavaraliikenne: 0,1227 Henkilöliikenne: 0,1189
Ratavero	Tavaraliikenne - sähkövetoinen: 0,05 - dieselve托oinen: 0,1 Henkilöliikenne: 0,01
Investointivero (koskee rataosaa Kerava–Lahti)	Tavaraliikenne: 0,5 Henkilöliikenne: 0,5

<sup>9</sup> Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi rataverolain 5 §:n muuttamisesta 16.9.2005.

### 3 Rajakustannusten laskentamenetelmä

#### 3.1 Laskentamenetelmän vaiheet

Rajakustannusten määrittämisen vaiheet ovat:

- Jaotellaan radanpidon kustannukset lyhyellä aikavälillä liikenteen määrän mukaan muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin.
- Määritetään rataosien ominaisuuksien ja suoritteiden pohjalta radanpidon kustannusfunktio, joka selittää muuttuvien kustannusten määrää ja vaihteluita.
- Jaetaan rataverkko rataosiin, joille radanpidon muuttuvat kustannukset, liikennesuoritteet ja rataosan tekniset sekä laadulliset ominaisuudet voidaan määrittää yksilöllisesti.
- Estimoidaan kustannusfunktion muuttujille kertoimet, jotka kertovat missä suhteessa radanpidon muuttuvat kustannukset riippuvat rataosien käytöstä ja ominaisuuksista.
- Rajakustannus saadaan derivoimalla estimoitu kustannusfunktio liikenteen määrän muutoksen suhteen. Rajakustannus kuvaa kuinka yhden yksikön lisäys liikennesuoritteessa vaikuttaa radanpidon muuttuviin kustannuksiin.

Menetelmää on sovellettu empiirisesti Suomen lisäksi ainakin Ruotsissa (Johansson & Nilsson, 2001 ja 2004; Andersson, 2006), Itävallassa (Munduch, ym., 2002) ja Ranskassa (Gaudry & Quinet, 2003).<sup>10</sup> Tuloksia on sovellettu ratamaksun asettamisessa ainakin Suomessa, Itävallassa ja (vuoden 2007 alusta) Ruotsissa.

Menetelmän soveltaminen edellyttää laadukkaita aineistoja useilta vuosilta. Kustannusfunktion perusmuodon lisäksi halutaan tutkia, kuinka muun muassa liikenteen määrän, rahoitustason ja rataverkon ominaisuuksien muutokset vaikuttavat funktioon.

Rinnakkain voidaan tutkia esimerkiksi perusmalleja ja teknisillä tai dynaamisilla muuttujilla laajennettuja malleja. Myös aineisto voidaan estimoida eri muodoissa, eli poikkileikkaus- tai yhdistelmäaineistona, ja havaintojen, eli rataosien lukumäärää voidaan rajata eri tavoin. Suomen aineisto sallii myös kunnossapitokustannusten ja korvausinvestointien tarkastelun erikseen.

#### 3.2 Muuttuvien ja kiinteiden kustannusten luokittelu

Radanpidon muuttuvat kustannukset ovat liikenteen määrän mukaan lyhyellä aikavälillä vaihtelevia kustannuksia. Kiinteät kustannukset eivät sen sijaan muutu lyhyellä aikavälillä rataverkon käytön vaihteluiden myötä.

<sup>10</sup> Muun muassa Quinet (2003) ja Nash (2005) ovat käsitelleet rautatieliikenteen rajakustannusperusteista hinnoittelua laajemmassa viitekehyksessä.



Euroopan komission asiantuntijoiden mukaan liikenteen määrästä lyhyellä aikavälillä riippumattomia radanpidon kustannuksia ovat (taulukko 3.1) maan hankinta, uusien ratojen rakentaminen, laajennusinvestoinnit, ratojen tasoa parantavat investoinnit sekä hallinto ja muut yleiskustannukset. Liikenteen määrästä lyhyellä aikavälillä täysin tai osittain riippuvia radanpidon kustannuksia ovat korvausinvestoinnit, kunnossapito sekä liikenteenohjaus.

Muuttuvien kustannusten määrittelyyn liittyy haasteita, eikä suomalaisissa luokitteluissa noudateta täysin Komission suosituksia.<sup>11</sup> Jotkut radanpidon kustannukset ovat enemmän teknisistä syistä ja esimerkiksi sääolosuhteista, kuin liikenteen määrästä riippuvia.<sup>12</sup> Myös lyhyt aikaväli on epätarkka käsite. Osa radanpidon töistä on jatkuvia, ja osa taas tehdään määräajoin teknisten elinkaarten ehdoilla.

Käytännössä selkeästi kiinteät kustannukset rajataan tarkastelusta ensin pois, jonka jälkeen jäljelle jäävät rataosille kohdistettavissa olevat radanpidon kustannukset luetaan tarkasteluun mukaan. Radanpitäjän kustannusseurannan tarkkuus sanelee paljon, minkälaisin jaotteluin radanpidon kustannuksia voidaan käsitellä.

Suomessa radanpidon muuttuviksi kustannuksiksi on luettu ratalinjalla tapahtuvat kunnossapidon työt (ml. lumen aeraus ja vaihteiden puhdistus sekä kunnan tarkastus ja huolto) sekä päällysrakenteen ja liikennettä palvelevien laitteiden ja varusteiden ylläpito- ja korvausinvestoinnit ratalinjalla (ks. tarkemmin luku 5.4).

Liikenteenohjauksen ja kulunvalvonnan kustannuksia ei lueta Suomessa muuttuviin kustannuksiin, koska ne ovat liikenteen vaihtelusta vähäisemmin riippuvia henkilöstö- tai energiakustannuksia (esimerkiksi liikennekeskusten miehitys ja vaihteiden lämmitys). Näitä kustannuksia ei voida kohdentaa eri rataosille helposti kustannusten aiheutumisen suhteessa.<sup>13</sup> Aikataulusuunnittelu kuuluu liikennöitsijän kustannuksiin. Viranomaiskustannukset (esimerkiksi poliisi) on rajattu myös tarkastelun ulkopuolelle.

Suomen aineistoille erityislaatuista on, että radanpidon muuttuvat kustannukset voidaan luokitella erikseen kunnossapitoon (peruskunnossapito ja ylläpitoinvestoinnit) sekä korvausinvestointeihin. Tämä sallii erillisen kunnossapidon ja korvausinvestointien kustannusfunktioiden estimoinnin sekä rajakustannusten laskennan. Lisäksi aineisto on tarkka, eli se kattaa valtion rataverkon noin 90 rataosan jaolla.

<sup>11</sup> Komission asiantuntijoiden muodostama suositus perustuu alun perin enemmänkin teoreettiseen pohdiskeluun, kuin empiirisiin tarkasteluihin.

<sup>12</sup> Asiantuntija-arvion mukaan esimerkiksi vaihteisiin ja kiskoihin kohdistuvasta kunnossapidosta 80 prosenttia johtuu liikenteestä, kun taas puupölkkyjen vaihto seuraa 90 prosentin painolla sään aiheuttamasta haurastumisesta (Idström, 2002).

<sup>13</sup> Ratahallintokeskus ostaa liikenteenohjauksen palvelut kokonaishinnalla.



*Taulukko 3.1. Suositukset radanpidon kustannusten jakamiseen kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin (European Commission, 1999)*

<b>Kustannustekijä</b>	<b>Kiinteä</b>	<b>Muuttuva</b>
<b>Maan hankinta</b>	Kyllä	Ei
<b>Uusien ratojen rakentaminen</b>	Kyllä	Ei
<b>Olemassa olevien ratojen tason nosto ja laajentaminen</b>	Kyllä	Ei
<b>Korvausinvestoinnit</b>		
<i>Suuret korjaukset</i>		
- perusparantaminen ilman kehittämistä	Osittain	Osittain
- siltojen, tunneleiden, vaihteiden, ja laitureiden suuret korjaukset, jotka tehdään esim. kerran 30 vuodessa	Osittain	Osittain
<i>Uusiminen</i>		
- siltojen, tunneleiden, vaihteiden, ja laitureiden sekä raiteiden uusiminen, joka palauttaa käyttöarvon ennalleen	Osittain	Osittain
<b>Rakenteiden kunnossapito</b>		
- siltojen, teknisten laitteiden pienet korjaukset	Ei	Osittain
- sepelin puhdistus, tiivistys	Ei	Osittain
<b>Jatkuva kunnossapito ja käyttö</b>		
- talvikunnossapito (vaihteiden puhdistus ja auraus)	Kyllä	Osittain
- raiteiden puhdistus ja kasvustonharvennus	Kyllä	Ei
- tarkastukset	Kyllä	Osittain
- siltojen tukilaattojen, turvalaitteiden huolto	Kyllä	Ei
- liikenteenohjaus	Pääasiassa ei	Kyllä
<b>Hallinto</b>		
- yleiskulut	Kyllä	Ei
- poliisi	Ei	Kyllä
- aikataulusuunnittelu	Ei	Kyllä

### **3.2 Kustannusfunktio, aineiston muoto ja rajakustannusten laskenta**

#### ***Kustannusfunktion määrittely***

Radanpidon muuttuvien kustannusten matemaattisen esitystavan, eli kustannusfunktion, määrittely ja estimointi perustuvat Suomessa menetelmään, jota on sovellettu esimerkiksi Ruotsissa (Johansson & Nilsson, 2001 ja 2004).

Kustannusfunktion määrittämisen lähtökohta on valita muuttujat, joilla oletettavasti on vaikutusta radanpidon kustannuksiin. Teoriassa voidaan luetella useita radanpidon kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, mutta käytännössä vain osalle voidaan muodostaa numeerinen kuvaus. Muuttujien valintaa rajoittaakin aineiston saatavuus.

Radanpidon muuttuvat kustannukset riippuvat lyhyellä aikavälillä ainakin infrastruktuurin määrästä, jota mitataan raidepituudella sekä liikenteen määrästä, jota mitataan Suomessa bruttotonneina. On mahdollista, että myös rataverkon tekniset ominaisuudet ja laatu vaikuttavat radanpidon muuttuviin kustannuksiin.

Kustannusfunktion muuttujille laskettavat kertoimet kertovat radanpidon muuttuvien kustannusten muutoksen suuruudesta, kun esimerkiksi rataverkon käyttö tai verkon koko muuttuvat.

Kustannusfunktioille on olemassa vaihtoehtoisia teoreettisia muotoiluja, jotka perustuvat erilaisiin oletuksiin tuotantoteknologian ominaispiirteistä ja sisäisistä riippuvuussuhteista. Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka joustavasti tuotantopanokset voivat korvata tuotannossa toisiaan (ks. alla oleva kuvaus).

#### **Tuotantoteknologioita kuvaavat empiiriset kustannusfunktiot**

Cobb-Douglas -kustannusfunktio kuvaa tuotantokustannukset minimoivaa tuotantoteknologiaa yhden tuotoksen ja kahden tuotantopanoksen tapauksessa. Tuotantopanoksia voidaan korvata keskenään tietyssä suhteessa, jota kutsutaan substituutiojoustoksi. Cobb-Douglas -teknologiassa tämä panosten substituutiojousto on vakio (ykkönen).

Translog -funktio (transcendental logarithmic cost function) on toisen asteen approksimaatio mistä tahansa tuotantofunktiosta. Kokonaiskustannuksia selittävät tuotoksen ja panoshintojen logaritmien lisäksi niiden neliö- ja ristitermit. Translog -teknologiassa ei etukäteen tarvitse kiinnittää tuotantoteknologiaa, eli missä määrin panokset ovat keskenään korvautuvia, vaan aineiston annetaan valita substituution aste.

Tuotannon vakioiset skaalaedut tarkoittavat sitä, että suhteellinen tuotoksen lisäys saavutetaan lisäämällä sama suhteellinen osuus kaikkien panosten käyttöä (esimerkiksi 1 %). Kokonaiskustannusfunktiota käytettäessä tuotannossa on vakioiset skaalaedut, jos (tuotoksen suhteen lasketun) kustannusjouston käänteisluku on ykkönen.

Molemmissa funktiomuodoissa tuotoksen kerroin antaa informaatiota teknologian skaalaeduista. Kun kustannusfunktion estimointi tuottaa tuotokselle ykköstä pienemmän kertoimen, vallitsevat tuotannossa kasvavat skaalatuotot. Tällöin lisätuotos vaatii tuotantopanoksia alenevassa suhteessa ja kustannukset kasvavat suhteellisesti hitaammin kuin tuotanto. Cobb-Douglas- ja translog -kustannusfunktiot ovat järkeviä funktiomuotovalintoja, jos on syytä olettaa, että radanpidossa vallitsevat kasvavat skaalatuotot.

Lähteitä: Christensen ym. (1973), Pollak ym. (1984), Pels & Rietveld (2000) sekä McCarthy (2001)

Yleensä radanpidon kustannusfunktio on estimoitu joko laajempaan translog -kustannusfunktiona, tai kuten Suomessa on tehty, sen rajattuna versiona, eli Cobb-Douglas -kustannusfunktiona (Tervonen & Idström, 2004a).

Eri funktiomuodot voidaan estimoida joko yksittäisten vuosien poikkileikkausaineistoille, kuten Idström (2002) on tehnyt, tai yhdistetyille (ns. poolatuille) vuosiaineistoille, kuten Tervonen & Idström (2004b) ovat tehneet. Tässä työssä kustannusfunktioita estimoidaan poikkileikkausaineistoilla ja aiemmasta poikkeavalla yhdistelmäaineiston muodolla, eli paneliaineistolla.

### *Aineiston rakenne*

Aineisto koostuu vuosittaisina poikkileikkauksina rataosittain (taulukko 3.2). Kullekin rataosalle määritetään samat perustiedot (radanpidon muuttuvat kustannukset, suoritteet ja rataosien ominaisuudet; ks. tarkemmin luku 5).

*Taulukko 3.2. Vuosiaineiston rakenne*

Rataosa	Muuttuvat kustannukset	Brutto- tonnit	Rataosan ominaisuus 1	Rataosan ominaisuus 2
1 Helsinki - Pasila	xx	xx	xx	xx
2 Pasila - Hiekkaharju	xx	xx	xx	xx
3 Hiekkaharju - Kerava	xx	xx	xx	xx
4 Pasila - Kirkkonummi	xx	xx	xx	xx
5 Huopalahti - Vantaankoski	xx	xx	xx	xx
jne.	xx	xx	xx	xx

Poikkileikkaukset voidaan estimoida yksitellen. Kuten Tervonen & Idström (2004b) tekivät, vuosiaineistot voidaan yhdistää yhdeksi poikkileikkausaineistoksi. Tällöin oletetaan, että eri vuosina kustannusfunktio on muodoltaan kaikille rataosille sama. Toisin sanoen, rataosat ovat homogeenisiä keskenään ja mahdollinen informaatio kustannusten muutoksista yli ajan jää hyödyntämättä, samoin kuin mahdollinen ajallinen vaihtelu rataosien välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että radanpidon teknologian oletetaan olevan sama koko rataverkolla, myös tarkasteluperiodin yli.

Tässä työssä radanpidon muuttuvista kustannuksista, rataosien suoritteista ja rataosien ominaisuuksista on käytettävissä jo yhdeksän vuoden poikkileikkausaineistot (1997–2005). Poikkileikkausten lukumäärä sallii aineiston hyödyntämisen niin sanottuna paneliaineistona (taulukko 3.3).<sup>14</sup> Tällöin voidaan testata, onko radanpidon muuttuvien kustannusten vaihtelu rataosien ja havaintoajankohtien kesken systemaattisesti tai satunnaisesti määräytyvää?

Radanpidon muuttuvat kustannukset voivat riippua myös muista aikaan sidotuista ulkoisista tekijöistä, joita ei ole voitu sisällyttää kustannusfunktioon (esimerkiksi radanpidon organisointi ja tuotantotekniikoiden muuttuminen). Tuottavuuden muutos, eli radanpidon tuotantotekniikan kehitys, voidaan ottaa huomioon trendimuuttujalla (vuosimuuttuja), joka vangitsee tuottavuuden kasvun radanpidossa. Radanpidon rahoitustasoon liittyviä liikennepoliittisia näkökulmia olisi periaatteessa mahdollista huomioida ns. proxy-muuttujilla.

<sup>14</sup> Jos kaikista rataosista on kustannus- ja suoritetiedot yhdeksältä vuodelta, voidaan muodostaa tasapainotettu paneli. Jos osalle rataosista ei ole kustannus- tai suoritetietoa joltain vuodelta, ne jäävät estimoinnista pois, ja aineisto on tällöin ei-tasapainotettu paneli. Tämä voitaisiin ratkaista korvaamalla puuttuvat tiedot eri menetelmin, esim. keskiarvotiedoilla. Tässä työssä sitä ei ole tehty, koska aineiston koko on riittävä ilman muutamia pois jääviä havaintoja.



Taulukko 3.3. Esimerkki paneliaineiston rakenteesta

Havainto	Rataosan nimi	Vuosi	Muuttuvat kustannukset	Brutto- tonnit	Rataosan ominaisuus 1, 2, 3...
01–97	Helsinki - Pasila	1997	xx	xx	xx
01–98	Helsinki - Pasila	1998	xx	xx	xx
01–99	Helsinki - Pasila	1999	xx	xx	xx
01–00	Helsinki - Pasila	2000	xx	xx	xx
01–01	Helsinki - Pasila	2001	xx	xx	xx
01–02	Helsinki - Pasila	2002	xx	xx	xx
01–03	Helsinki - Pasila	2003	xx	xx	xx
01–04	Helsinki - Pasila	2004	xx	xx	xx
01–05	Helsinki - Pasila	2005	xx	xx	xx
02–97	Pasila - Hiekkaharju	1997	xx	xx	xx
02–98	Pasila - Hiekkaharju	1998	xx	xx	xx
jne	jne.	jne.	xx	xx	xx

Cobb-Douglas -kustannusfunktion perusspesifikaatio

Radanpidon muuttuvien kustannusten ja sitä selittävien tekijöiden välinen tilastollinen riippuvuus voidaan kuvata jokaiselle tarkastellulle rataosalle (*i*) eri tarkasteluvuosina (*t*) kustannusfunktiona:

$$C_{it} = g(Y_{it}, U_{it}, Z_{it}, d_{it}, \varepsilon_{it})$$

(1)

- jossa
- $C_{it}$  = radanpidon muuttuvat kustannukset

$Y_{it}$  = rataosan raidepituus (km)

$U_{it}$  = liikennesuoritteiden määrä rataosalla (bruttotonni)

$Z_{it}$  = rataosan laatu (esim. vaihteiden lukumäärä, nopeustaso, sähköistys, tekninen laatu tai kuntotila)

$d_{it}$  = rataosien välisiä kustannuseroja huomioiva proxy-muuttuja

$\varepsilon_{it}$  = virhetermi ja

$g$  = matemaattinen funktiomuoto.

Radanpidon muuttuvat kustannukset voidaan esittää raidepituuden ja suoritteiden funktiona  $C = aY^{\beta_y}U^{\beta_u}$ ,  $\beta_y, \beta_u \in (0,1)$ , joka on Cobb-Douglas -muotoa.

Suomen laskelmissa kaikkia rataosia käsitellään samantasoisena rataverkkona. Toisin sanoen, rataosia ei luokitella palvelutason tai teknisen laadun mukaan. Infrastruktuurin määrää kuvataan rataosilla sijaitsevien raiteiden yhteenlasketulla pituudella.

Liikenteen määrää käsitellään rataosilla kulkeneina bruttotonneina. Bruttotonneja käsitellään homogeenisesti, eli huomioon ei oteta eri juna- tai kalustotyyppejä. Rataosien muita ominaisuuksia on kuvattu erilaisilla laatumuuttujilla.



Perusmalliksi valittu estimoitava regressioyhtälö on logaritmisessa muodossa:

$$\ln C_{it} = \alpha + \beta_y y_{it} + \beta_u u_{it} + \beta_k d_{it}^k + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Kuten edellä todettiin, Suomen kustannusaineisto voidaan koota erikseen kunnossapitokustannuksille ja korvausinvestointikustannuksille. Se sallii erilliset kustannusfunktion estimoinnit näille kustannusluokille. Suomessa voidaankin arvioida radanpidon muuttuvien kustannusten rakennetta paremmin kuin useimmissa muissa maissa.

*Radanpidon muuttuvia kokonaiskustannuksia* (kunnossapito + korvausinvestoinnit) keskeisesti selittävät tekijät ovat raidekilometrien logaritmi  $y$  ja liikenteen määrän (bruttotonnit) logaritmi  $u$ . Virhetermi  $\varepsilon_{it}$  kuvaa selittämättä jäävää kustannusten vaihtelua.

Käytettävissä olevat rataosien laatua tai teknisiä ominaisuuksia kuvaavat muuttujat eivät aikaisemmin ole selittäneet riittävästi muuttuvien radanpidon kustannusten eroja (Idström, 2002; Tervonen & Idström, 2004b). Rataosien ilmeisten laadullisten erojen sisällyttämiseksi malleihin on muodostettu proxy-muuttuja olettaen, että rataosilta, joilla tehdään isoja korvausinvestointeja, edellytetään parempaa kuntotasoa.

Rataverkon kunnan vaikutus radanpidon muuttuviin kokonaiskustannuksiin on näin ollen otettu epäsuorasti huomioon korvausinvestointeja kuvaavana tasomuuttujana  $d_{it}^k, k=1$ . Muuttuja saa arvon 1, kun rataosalla tehty korvausinvestoinnit ovat vähintään 16 819 euroa, ja muuten arvon nolla (0).

*Radanpidon kunnossapitokustannuksia* selittävät raidekilometrien ja liikenteen määrän (bruttotonnien) lisäksi rataosan vaihteiden lukumäärä  $z_{it}$ .<sup>15</sup> Ylläpitoinvestointien tasomuuttuja on  $d_{it}^k, k=2$ , joka saa arvon 1, kun rataosalla on tehty ylläpitoinvestointeja osana peruskunnossapitoa, muuten se saa arvon nolla (0).

Yhtälö (2) estimoidaan pienimmän neliösumman menetelmällä (LS)<sup>16</sup> sekä muuttuvilla kokonaiskustannuksilla että pelkillä kunnossapitokustannuksilla. Tuloksena saatavat selittävien muuttuvien  $\beta$  -kertoimet ilmaisevat kunkin muuttujan vaikutusta selitettävään tekijään.

Esimerkiksi, jos rataosan liikennemäärän kerroin  $\beta_u$  on 0,20 se tarkoittaa, että bruttotonnien kasvaessa yhdellä prosentilla radanpidon muuttuvat kustannukset kasvavat 0,2 prosenttia. Vastaava kerroin estimoidaan myös rataosien raidepituuksille ja kunnossapitokustannusten tapauksessa vaihteiden lukumäärälle. Kertoimesta käytetään nimitystä *kustannusjousto*.

Kustannusfunktion määrittämisen jälkeen voidaan laskea rataosien kulumisen raja-kustannukset rataverkolla kuljetun matkan mukaista suoriteyksikköä kohti. Siihen

<sup>15</sup> Vaihteiden lukumäärä on ollut merkitsevä muuttuja vain kunnossapidon kustannusfunktioissa, ei muuttuvien kokonaiskustannusten funktioissa. Tätä selitetään luvussa 6 tarkemmin.

<sup>16</sup> Pienimmän neliösumman (OLS tai LS) menetelmä on yleisin lineaarisen regressioyhtälön estimointimenetelmä, joka minimoi otoksen ennustevirheiden neliöiden summan. LS -estimaattori on ns. BLUE (paras, harhaton) -estimaattori, jolla on pienin varianssi (ks. Maddala, 1992).

tarvitaan rataosiin kohdistuneiden junapainojen ja rataosapituuksien mukaiset suoritiedot, eli bruttotonnikilometrit. Se voidaan muodostaa helposti kertomalla rataosan bruttotonnit rataosan maantieteellisellä pituudella, eli  $brtkm = L \cdot U$ .

Olettaen, että rataosan pituus pysyy vakiona, muuttuvien kustannusten funktio voidaan derivoida<sup>17</sup> bruttotonnikilometrien suhteen seuraavasti:

$$\frac{\partial \hat{C}}{\partial (L \cdot U)} = \frac{1}{L} \frac{\partial [\exp(\hat{\alpha} + \hat{\beta}_y y_{it} + \hat{\beta}_u u_{it} + z_{it} \hat{\beta}_z + 0.5 \hat{\sigma}^2)]}{\partial U} = \hat{\beta}_u \frac{1}{LU} \cdot \hat{C}_{it} \quad (3)$$

jossa mallin antama sovite muuttuville kustannuksille on muotoa

$$\hat{C}_{it} = \exp(\hat{\alpha} + \hat{\beta}_y y_{it} + \hat{\beta}_u u_{it} + z_{it} \hat{\beta}_z + 0.5 \hat{\sigma}^2) \quad (4)$$

ja  $\hat{\sigma}^2$  on mallin virhetermin varianssin estimaatti (ks. Munduch ym., 2002).

Rajakustannukset voidaan nyt laskea kaavasta:

$$MC_{it} = \hat{\beta}_u \frac{\hat{C}_{it}}{brtkm_{it}}, \quad (5)$$

Yllä esitetyllä tavalla saadaan arvio siitä, kuinka paljon muuttuvia kustannuksia aiheutuu yhtä etäisyysperusteista suoriteyksikköä (brtkm) kohti kullakin rataosalla.

Rataosittain rajakustannukset (snt/brtkm) vaihtelevat runsaasti (jopa monikymmenkertaisesti), joten on mielekästä johtaa painotettu rajakustannus esimerkiksi koko rataverkolle. Painokertoimena käytetään rataosan suhteellista osuutta koko rataverkon liikennemäärästä, eli  $w_{it} = brtkm_{it} / \sum_i brtkm_{it}$ .

Painotettu koko rataverkon rajakustannus lasketaan seuraavasti:

$$\overline{MC}_{it} = \hat{\beta}_u \sum_i \frac{\hat{C}_{it}}{\sum_i brtkm_{it}} = \sum_i \hat{\beta}_u \left( \frac{\hat{C}_{it}}{brtkm_{it}} \right) * w_{it} = \sum_i MC_{it} * w_{it} \quad (6)$$

eli koko rataverkon keskimääräinen rajakustannus on rataosittaisten painotettujen rajakustannusten summa.

Rajakustannusten painotetun arvon katsotaan soveltuvan koko rataverkon käytön hinnoitteluun (Johansson & Nilsson, 2004). Suomessa perusmaksulla liikennöitsijöiltä peritään korvauksia liikenteen määrästä suoriteyksikön tasolla riippuvien radanpidon muuttuvien kustannusten mukaan, kuitenkin rataverkon keskiarvona.

<sup>17</sup> Eksponenttifunktion ja logaritmifunktion derivointisäännöt: Eksponenttifunktion  $e^{f(U)}$  derivaatta  $U$ :n suhteen on  $f'(U) e^{f(U)}$  Logaritmifunktion  $u_{it} = \ln U_{it}$  derivaatta  $U_{it}$ :n suhteen on  $\frac{\partial \ln U_{it}}{\partial U_{it}} = \frac{1}{U_{it}}$ .

Laskentamenetelmä sallii rataverkon käytön hinnoittelun vaikka rataosakohtaisesti. Rataosien yhteiskäytön vuoksi rajakustannuksia on kuitenkin mahdotonta laskea erikseen eri kalustotyypeille. Eri kalustotyyppien huomiointi edellyttäisi, että voitaisiin tarkastella rajatusti sellaisia rataosia, joilla on vain tietyn tyyppisellä kalustolla hoidettua liikennettä. Suomen rataverkolla tällaisia rataosia on hyvin rajallinen määrä.

### *Translog -kustannusfunktio*

Cobb-Douglas -tyyppinen kustannusfunktio on erikoistapaus translog -kustannusfunktioista, joka voidaan esittää seuraavasti

$$\ln C_{it} = \alpha + \beta_y y_{it} + \beta_u u_{it} + \beta_z z_{it} + 0.5\beta_{yy} y_{it}^2 + 0.5\beta_{uu} u_{it}^2 + \beta_{yu} y_{it} u_{it} + \beta_{yz} z_{it} y_{it} + \beta_{uz} z_{it} u_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (7)$$

jossa ne kustannuksia selittävät tekijät, jotka ovat jatkuvia muuttujia,<sup>18</sup> ovat logaritimuodossa ja vektori  $z$  sisältää nyt myös tasomuuttujan  $d_{it}^k$ .

Asettamalla translog -funktioille rajoitteet  $\beta_{yy} = \beta_{uu} = \beta_{yu} = 0$  ja  $\beta_{zu} = \beta_{uz} = 0$  voidaan testata, onko Cobb-Douglas -funktio yhteensopiva aineiston kanssa, vai kuvaako joustavampi translog -funktio aineistoa paremmin? Jos ei voida hylätä oletusta, että ristitermien kertoimet eivät poikkea nolasta, translog -kustannusfunktio (7) supistuu Cobb-Douglas -kustannusfunktioiksi ja regressioyhtälö (2) on oikea mallispesifikaatio.

Ruotsalaisissa estimoinneissa on käytetty translog -kustannusfunktiota (Johansson & Nilsson, 2004). Itävallassa on käytetty osittain riisuttua mallia, jossa ei ole muuttujien neliötermejä, mutta rataverkon käytön vaikutus ( $u_{it}$ ) eroaa tiettyjen tekijöiden mukaan, ja malliin on otettu mukaan ristivaikutustermejä (Munduch ym., 2002).<sup>19</sup> Andersson (2005 ja 2006) käyttää Johansson & Nilsson (2004) mallin riisuttua versiota, eli selittävien tekijöiden neliö- ja ristivaikutustermejä on jätetty malleista pois.

### *Empiiriset panelimallit*

Panelimallilla tarkoitetaan tietynlaista aineistoa, jossa yhden vuoden rataosittaiset tiedot yhdistetään yli koko tarkasteluperiodin (ks. taulukko 3.3). Radanpidon kustannusfunktion muoto on sama kuin edellä esitetty. Panelimalleilla estimoitava yhtälö kuitenkin poikkeaa oletuksien osalta, joita tehdään kustannusvaihtelusta rataosien välillä ja vuosien kesken.

*Kiinteiden yksisuuntaisten vaikutusten* (one way fixed effects) mallissa estimoidaan erilliset rataosavakiot, mutta muiden selittävien tekijöiden kertoimet ovat samat kaikille rataosille.

<sup>18</sup> Jatkuva muuttuja voi saada mitä tahansa arvoja tietyltä väliltä, esim. nolasta äärettömään.

<sup>19</sup> Munduch ym. (2002) muodostavat bruttotonniin kanssa ristitermin seuraavasti: raidepituus ratapihoilla, kaarresäde <500 m, kaltevuus > 10 %, tunnelipituus, vaihteiden pituus, rataosan ikä >15 vuotta, päärata/muu rata.

*Kaksisuuntaisessa kiinteiden vaikutusten mallissa* (two way fixed effects) estimoidaan sekä rataosakohtaiset että vuosivakiot selittävien tekijöiden kertoimien lisäksi. Erilliset vakio-termit ottavat huomioon sen vaihtelun muuttuvissa kustannuksissa rataosien ja vuosien kesken, jota malliin otetut muut muuttujat ei selitä.

*Yksisuuntaisten satunnaisvaikutusten* (one way random effects) mallissa estimoidaan satunnaismuuttuja, joka (ks. luku 6.3.2) voi olla riippuvainen joko rataosien välisestä vaihtelusta tai kustannusten vaihtelusta yli ajan. Nämä satunnaismuuttujat noudattavat normaalijakaumaa, jonka keskiarvo on nolla ja varianssi äärellinen vakio. Toisin sanoen, selittämättä jäävästä vaihtelusta, joka kuvautuu mallin virhetermiin, osa pystytään vangitsemaan. Sen pitäisi parantaa selittävien muuttujien kertoimien tarkkuutta ja malli istuu täten paremmin aineistoon.

Kolme radanpidon muuttuvien kustannusten perustyyppistä panelimallia voidaan esittää seuraavasti:

Yksi rataverkkovakio :

$$\text{Panel LS } \ln C_{it} = \alpha + \beta_y y_{it} + \beta_u u_{it} + \beta_k d_{it}^k + \varepsilon_{it}$$

Rataosittaiset vakiot (myös vuosikohtaiset vakiot mahdollisia) :

$$\text{Panel fixed effects : } \ln C_{it} = \sum_{i=1}^N \alpha_i + \beta_y y_{it} + \beta_u u_{it} + \beta_k d_{it}^k + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Satunnaisvaihtelu rataosittain tai yli ajan :

$$\text{Panel random effects (EGSL) : } \ln C_{it} = \alpha + \beta_y y_{it} + \beta_u u_{it} + \beta_k d_{it}^k + \varepsilon_{it},$$

jossa  $\varepsilon_{it} = \gamma_i + \nu_i + \vartheta_{it}$ .



## 4 Aikaisempia laskentatuloksia

Radanpidon kustannusfunktio ja radan kulumisen rajakustannukset laskettiin ensimmäisen kerran vuosien 1997–1999 aineistoilla (Idström, 2002). Toinen laskenta tehtiin vuosien 2000–2002 aineistoilla (Tervonen & Idström, 2004a). Seuraavassa kuvataan lyhyesti muuttuvien kustannusten aineisto ja estimointitulokset.

Rataosille kohdistuvat muuttuvat kustannukset ovat osa radanpidon menoista, kuten nähdään taulukoiden 4.1 ja 4.2 vertailusta. Osa kunnossapidosta ja kulumisen korvaamisesta kohdistuu ratapihoille, eikä kustannuksia käsitellä rataosien tarkastelussa. Muuttuvien kustannusten aineistosta rajautuvat pois myös kaikki sellaiset kustannukset, joita ei kirjata kustannusseurantaan rataosakohtaisesti.

Ratahallintokeskuksen rahankäytöstä peruskunnossapitoon, ylläpitoinvestointeihin sekä korvausinvestointeihin voitiin kohdentaa rataosille 60–85 prosenttia vuosina 1997–2002. Muuttuvien kustannusten määrä laskenta-aineistossa aleni tarkastelu-periodin loppua kohti.

*Taulukko 4.1. Radanpidon muuttuvat kustannukset rataosilla 1997–2002 (nimellisin hinnoin; Tervonen & Idström, 2004a)*

ME	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Peruskunnossapito	53	49	48	38	38	37
Ylläpitoinvestoinnit	19	17	18	10	13	15
Korvausinvestoinnit	156	174	141	116	94	109
<b>Yhteensä</b>	<b>228</b>	<b>240</b>	<b>207</b>	<b>164</b>	<b>145</b>	<b>161</b>
Osuus taulukon 4.2 rahankäytöstä, %	78	85	76	68	60	68

Merkittävin muuttuvien kustannusten määrän muutosta selittävä tekijä on yksinkertaisesti radanpidon rahoitustason lasku (taulukko 4.2). Suurin muutos tapahtui korvausinvestointien määrässä. Ylläpitoinvestointien taso sen sijaan hieman nousi.<sup>20</sup> Peruskunnossapidon rahoitustason alenemiseen vaikutti osaltaan kustannusten alentamistavoite (kustannustehokkuus).

*Taulukko 4.2. Ratahallintokeskuksen rahankäyttö kunnossapitoon sekä ylläpito- ja korvausinvestointeihin 1997–2002 (nimellisin hinnoin; Tervonen & Idström, 2004a)*

ME	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Peruskunnossapito	75	67	67	63	65	65
Ylläpitoinvestoinnit	28	25	28	25	33	36
Korvausinvestoinnit	188	191	177	152	143	135
<b>Yhteensä</b>	<b>291</b>	<b>283</b>	<b>272</b>	<b>240</b>	<b>241</b>	<b>236</b>

<sup>20</sup> Aikaisemmin on käytetty nimitystä 'erikseen tilatut työt'.

Kustannusfunktion estimoinnissa radanpidon muuttuvia kokonaiskustannuksia selittivät raidepituus, liikenteen määrä (bruttotonnit) sekä korvausinvestointien tasomuuttuja (taulukko 4.3.). Radanpidon kustannusfunktion muuttujat ja muuttujien kertoimet olivat vakiokerrointa lukuun ottamatta liki pitäen samaa tasoa vuosina 1997–2002.

Bruttotonnimuuttujan jouston mukaan rataverkon käytön yhden prosentin lisäys lisäsi radanpidon menoja 0,27–0,32 prosenttia. Rataverkon raidepituuden kasvattaminen lisäsi radanpidon menoja sen sijaan lähes suoraan pituuden suhteessa (muuttujan jousto lähes 1).

*Taulukko 4.3. Radanpidon kustannusfunktio 1997–2002, muuttuvien kokonaiskustannusten aineisto (Tervonen & Idström, 2004a)*

Vuosi	Mallin selityssaste	Havaintojen lkm	Vakio	Bruttotonnit	Raidepituus	Korvausinvestointien taso
1997	56 %	91	6,30	0,29	0,95	1,19
1998	48 %	91	6,77	0,32	0,77	1,02
1999	42 %	91	6,63	0,28	0,91	1,13
2000	51 %	90	4,48	0,29	0,90	1,14
2001	56 %	86	4,59	0,27	0,99	1,12
2002	51 %	88	4,59	0,27	0,96	0,95

Vuosina 1997–2002 yhden bruttotonnikilometrin lisäsuorite kasvatti radanpidon muuttuvia kustannuksia nimellisin hinnoin tarkasteltuna 0,077–0,13 snt (taulukko 4.4). Vuosien 1997–2002 yhdistetystä aineistosta laskettu painotettu rajakustannus oli noin 0,11 snt/brtkm (vuoden 2002 hinnoissa).

*Taulukko 4.4. Radan kulumisen painotettu rajakustannus 1999–2002, muuttuvien kokonaiskustannusten aineisto (nimellisin hinnoin; Tervonen & Idström, 2004a)*

Vuosi	snt/brtkm
1997	0,1263
1998	0,1341
1999	0,1077
2000	0,0873
2001	0,0840
2002	0,0766

## 5 Laskenta-aineiston kuvaus

### 5.1 Rataosat

Rataosa on yhteysväli tai muuten rajattu ratalinjan osa, jolle voidaan määrittää kustannusfunktion estimoinnissa tarvittavat tiedot. Taulukko 5.1 esittää rataosajaon, jolle aineisto kootaan. Koska rataverkon laajuus ja rataosia koskevien tietojen rekisteröinti muuttuu, voi yksittäisiä rataosia jäädä aineistosta pois.<sup>21</sup> Lisäksi rataosia voidaan jättää laskentavaiheessa pois havaintojen merkittävän poikkeavuuden vuoksi.

Suomalainen aineisto on laaja ja tarkka. Se kattaa yli 90 prosenttia valtion rataverkosta ja noin 90 rataosaa. Vuosiaineiston alati lisääntyessä ei muutaman rataosan jääminen aineistosta pois olekaan ongelma.

Ratapihat rajataan aineiston ulkopuolelle. Tarkastelun ulkopuolelle rajataan myös valtion rataverkon ja teollisuuslaitosten väliset liityntäraiteet sekä teollisuuslaitosten ja satamien alueella olevat raiteet.

### 5.2 Rataosien liikennesuorite

Liikennesuorite, bruttotonnit, koostuu vuoden aikana rataosalla kulkeneen juna-kaluston, lastin ja matkustajien yhteenlasketusta painosta. Bruttotonnit kootaan erikseen tavarajunaliikenteelle, kaukoliikenteen henkilöjunille ja lähiliikenteen henkilöjunille. Bruttotonnit summataan lopuksi yhteen, eikä esimerkiksi eri junatyyppejä oteta huomioon.

Tavarajunien ja kaukoliikenteen henkilöjunien bruttotonnit kootaan rataosittain rautatietilaston tausta-aineistosta. Rautatietilasto ei sisällä pääkaupunkiseudun ja muun Etelä-Suomen lähijunaliikenteen bruttotonnitietoja rataosakohtaisesti. Siksi lähijunaliikenteen bruttotonnit määritetään rataosittain erillislaskentana.

Pääkaupunkiseudun lähiliikenteen bruttotonnit lasketaan VR Henkilöliikenteen ylläpitämästä sähkömoottorijunien veturikilometritilastosta. Muu lähiliikenne määritetään aikataulukirjoista. Junapainona käytetään keskimääräistä paino-oletusta.<sup>22</sup> Erillislaskentaan liittyy suoriteaineiston vääristymisen riski. Olisikin välttämätöntä tilastoida myös lähiliikenteen junat rataosittain virallisessa rautatietilastossa.

<sup>21</sup> Toisaalta esimerkiksi syyskuussa 2006 liikenteelle avataan uusi rataosa Kerava-Lahti.

<sup>22</sup> Tässä työssä on käytetty VR:n tilastoinnin mukaista keskipaino-oletusta 101 tonnia/juna. Aikaisemmin on käytetty hieman erilaista keskipaino-oletusta. Keskipaino muuttuu junakaluston uudistumisen ja erityyppisten yksiköiden käyttöasteen muuttumisen myötä.

## Taulukko 5.1. Rataosat\*

Nro**	Rataosa	Pituus, km	Nro	Rataosa	Pituus, km
1	Helsinki - Pasila (sis.satamarata)	3	48	Säkäniemi - Raja	33
2	Pasila - Hiekkaharju	14	49	Joensuu - Ilomantsi	71
3	Hiekkaharju - Kerava	12	50	Turku - Toijala	128
4	Pasila - Kirkkonummi	35	51	Toijala - Valkeakoski	17
5	Huopalahti - Vantaankoski	9	52	Pieksämäki - Jyväskylä	80
6	Kerava - Hyvinkää	30	53	Toijala - Tampere	40
7	Hyvinkää - Riihimäki	12	54	Vilppula - Mänttä	9
8	Kerava - Sköldvik	33	55	Lielähti - Kokemäki	91
9	Kirkkonummi - Karjaa	49	56	Kokemäki - Pori	38
10	Hyvinkää - Karjaa	99	57	Tampere - Lielähti	6
11	Karjaa - Hanko	53	58	Lielähti - Parkano	69
12	Riihimäki - Toijala	76	59	Parkano - Seinäjoki	84
13	Riihimäki - Lahti	59	60	Kankaanpää - Parkano	48
14	Turku - Raisio	8	61	Parkano - Aitoneva	22
15	Raisio - Uusikaupunki	58	62	Tampere - Orivesi	42
16	Karjaa - Turku	113	63	Orivesi - Jämsänkoski	60
17	Lahti - Kouvola	62	64	Jämsänkoski - Jyväskylä	53
18	Kouvola - Juurikorpi	36	65	Orivesi - Haapamäki	72
19	Juurikorpi - Kotka	18	66	Haapamäki - Seinäjoki	118
20	Kouvola - Luumäki	58	67	Kokemäki - Rauma	47
21	Kouvola - Mikkeli	113	68	Pori - Mäntyluoto/Tahkoluoto	21
22	Mikkeli - Pieksämäki	71	69	Jyväskylä - Äänekoski	47
23	Kouvola - Kuusankoski	8	70	Äänekoski - Saarijärvi	28
24	Juurikorpi - Hamina	19	71	Saarijärvi - Haapajärvi	135
25	Lahti - Heinola	38	72	Jyväskylä - Haapamäki	78
26	Lahti - Loviisa	78	73	Seinäjoki - Vaasa/Vaskiluoto	74
27	Luumäki - Vainikkalan raja	33	74	Seinäjoki - Kaskinen	112
28	Luumäki - Lappeenranta	28	75	Seinäjoki - Kokkola	133
29	Lappeenranta - Imatra	39	76	Kokkola - Ylivieska	79
30	Imatra - Parikkala	61	77	Ylivieska - Tuomioja	68
31	Parikkala - Säkäniemi	93	78	Tuomioja - Oulu	54
32	Säkäniemi - Joensuu	37	79	Pännäinen - Pietarsaari	11
33	Parikkala - Savonlinna	59	80	Tuomioja - Raahe/Rautaruukki	34
34	Savonlinna - Huutokoski	75	81	Ylivieska - Haapajärvi	55
35	Pieksämäki - Kuopio	89	82	Oulu - Kontiomäki	166
36	Kuopio - Siilinjärvi	25	83	Oulu - Kemi	106
37	Siilinjärvi - Iisalmi	60	84	Kemi - Laurila	8
38	Pieksämäki - Huutokoski	31	85	Laurila - Rovaniemi	106
39	Huutokoski - Varkaus	18	86	Laurila - Tornio	18
40	Varkaus - Viinijärvi	101	87	Tornio - Kolari	183
41	Viinijärvi - Joensuu	33	88	Tornio - Röyttä	11
42	Viinijärvi - Siilinjärvi	112	89	Rovaniemi - Kemijärvi	83
43	Iisalmi - Kontiomäki	109	90	Kemijärvi - Kellosoelkä	78
44	Iisalmi - Haapajärvi	99	91	Murtomäki - Olanmäki	25
45	Joensuu - Uimaharju	50	92	Taivalkoski - Kontiomäki	156
46	Uimaharju - Nurmes	109	93	Kontiomäki - Vartius	95
47	Nurmes - Kontiomäki	109	<b>Rataosien yhteispituus</b>		<b>5 626</b>

\*Rataosajako on määritetty tutkimuksessa, mutta se mukaillee rautatietilastoinnin ja kustannusseurannan rataosajakoja.

\*\* Tämän työn oma numerointi.



### 5.3 Rataosien ominaisuudet

Suomalaisissa ja kansainvälisissä estimoinneissa keskeisimmäksi radanpidon muuttuvia kustannuksia selittäväksi muuttujaksi on havaittu infrastruktuurin määrä, eli rataosalla sijaitsevien raiteiden yhteenlaskettu pituus (taulukko 5.2). Tiedot on helppo määrittää verkkoselostuksista.

Koska radanpidon kustannuksiin oletettavasti vaikuttavat myös monet muut tekniset ja laadulliset tekijät, on aineistoa koottu myös muista muuttujista. Useimmat tiedot voidaan koota verkkoselostuksista, mutta esimerkiksi vaihteiden lukumäärä on aikaisemmin koottu kunnossapidon rekistereistä. Sittenmin vaihdetietoja on alettu tarkentaa Ratahallintokeskuksen vaihderekisteriin. Vastaavasti kehitteillä oleva sivuraiderekisteri täsmentää raidetietoja.<sup>23</sup>

Rataosien laadullisia luokituksia on olemassa useita eri käyttötarkoituksia varten. Osa liittyy käyttäjälähtöisen palvelutason määrittämiseen. Radanpidon töihin käytännössä liittyy ehkä parhaiten rataosien geometristä kuntoa kuvaava indeksi, joka saadaan vuosittain tehtävistä mittausraporteista.<sup>24</sup> Muuttujaa ei ole vielä hyödynnetty, koska indeksin laskentaa on kehitetty viime vuosina.

*Taulukko 5.2. Rataosien ominaisuuksien kuvaaminen*

<b>Muuttuja</b>	<b>Kuvaustapa</b>
Rataosan pituus	km
Rataosan raiteiden yhteispituus	km
Raiteiden lukumäärä	lukumäärä
Rataosan sähköistys	on/ei
Rataosan tekninen taso	päällysmateriaalien luokitus, kuntoindeksi, palvelutaso
Vaihteet	lukumäärä
Maksimiakselipaino	tonnia
Nopeustaso	nopeusrajoitus, junien käyttämä nopeus

### 5.4 Muuttuvat kustannukset rataosilla

Radanpidon muuttuvat kustannukset kootaan Ratahallintokeskuksen kustannusseurannasta. Rataosille kohdennetaan kustannusluokat (Tuominen, 2004):

- *Peruskunnossapito*, joka on päivittäistä kunnossapitoa, varautumista ja viankorjausta, johon ei sisälly rautatieinfrastruktuurin investointia.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Sivuraiderekisterissä esitetään raiteesta hyöty-, juna- ja raidepituudet, päällysrakenne sekä sallitut nopeudet. OY VR Rata Ab tekee sivuraiderekisteriä Ratahallintokeskuksen tilauksesta (ks. VR Rata, 2005).

<sup>24</sup> Kuntoindeksi muodostetaan pääraiteiden ja vaihteiden erilaisista kuntotilaominaisuuksista, joita mitataan Ratahallintokeskuksen tilauksesta keväisin ja syksyihin (Oy VR Rata Ab:n Radantarkastuspalvelut).

<sup>25</sup> Muun muassa tarkastuksia, mekaanista ja sähköistä huoltoa, päällysrakenne-, alusrakenne- ja vaihdetöitä sekä mekaanisia ja sähköisiä korjaustöitä.

- *Muu kunnossapito* (tässä raportissa *ylläpitoinvestoinnit*), joka on peruskunnossapitoon kuulumatonta elinkaaren aikaista korjaavaa ja uusivaa kunnossapitoa. Nämä työt tilataan kunnossapitotarpeen niin vaatiessa.<sup>26</sup>
- *Korvausinvestoinnit*, jotka ovat teknisen tai taloudellisen elinkaaren päässä tapahtuvaa rakenteen, laitteen tai järjestelmän uusimista.<sup>27</sup>

Peruskunnossapidon kustannukset saadaan rataosittain suoraan kustannusseurannasta. Ylläpitoinvestoinnit ja korvausinvestoinnit kootaan projektien seurantatiedoista. Kustannusseurannan muuttuessa aikaa myöten voi luokkien sisältö muuttua. Jos kustannusseurannan rataosat ovat pidempiä kuin laskenta-aineiston rataosat, kustannuksia jaetaan rataosille pituuksien suhteessa.

Vuosina 2003–2005 Ratahallintokeskuksen kokonaismenot olivat 471–542 M€ (taulukko 5.3), josta liikenteenohjauksen ja perusradanpidon osuus oli noin 305–348 M€. Rataverkon hoidon ja käytön rahoitustaso on tarkasteluajanjaksolla alentunut, mutta korjausten ja korvausinvestointien rahoitus on noussut.

Rataosille kohdistui radanpidon muuttuvia kustannuksia 144–172 M€ vuosina 2003–2005 (taulukko 5.4). Taso on sama, kuin vuosina 2000–2002, mutta alhaisempi kuin vuosina 1997–1999 (ks. luku 4). Vuosina 2003–2005 rataosille kohdistettujen radanpidon muuttuvien kustannusten määrä on 60 prosenttia Ratahallintokeskuksen rahankäytöstä liikenteenohjaukseen ja perusradanpitoon.<sup>28</sup>

*Taulukko 5.3. Rataverkon liikennöintiin ja perusradanpitoon liittyvä rahankäyttö sekä Ratahallintokeskuksen kokonaismenot 2003–2005 (Ratahallintokeskus, 2005b)*

M€	2003	2004	2005
Liikenteenohjaus ja perusradanpito			
- liikenteenohjaus	38,8	39,1	38,5
- radan hoito ja käyttö	130,6	96,4	101,6
- radan korjaustyöt	-	30,7	29,1
- ylläpito ja investoinnit	-	20,0	13,3
- korvausinvestoinnit	136,0	140,0	165,1
Yhteensä	305,4	326,2	347,6
Ratahallintokeskuksen kokonaismenot	471,2	541,7	494,9

*Taulukko 5.4. Muuttuvat kustannukset rataosilla 2003–2005 (nimellisin hinnoin)*

M€	2003	2004	2005
Peruskunnossapito	49,7	52,7	53,2
Ylläpitoinvestoinnit	18,1	22,5	6,5
Korvausinvestoinnit	76,4	96,8	96,7
Yhteensä	144,1	172,1	156,5

<sup>26</sup> Muun muassa päällysrakenteen, alusrakenteen, laitteiden ja varusteiden uusimistöitä.

<sup>27</sup> Muun muassa perusparannus- ja päällysrakennetöitä (kiskot, sepeli, pölkyt ja vaihteet).

<sup>28</sup> Peruskunnossapidon kustannukset sisältyvät taulukossa 5.4 erään 'Radan hoito ja käyttö'.

## 6 Radanpidon kustannusfunktio ja rajakustannukset

### 6.1 Yleistä

Aikasarja-aineiston erilaiset käsittelytavat, kustannusfunktion vaihtoehtoiset muotoilut sekä ekonometristen laskentaohjelmien ominaisuudet tarjoavat suuren määrän estimointimahdollisuuksia.<sup>29</sup> Lisäksi painotettuja rajakustannuksia voidaan laskea koko rataverkolle tai erilaisille rataverkon osakokonaisuuksille.

Estimoiteja on rajoitettava oletusten mukaan parhaan informaation tuottaviin vaihtoehtoihin. Oletuksiin vaikuttavat aikaisemmat kokeilut sekä kansainväliset tutkimustulokset. Tulosten käyttötarkoitus, eli tässä työssä perusmaksun tason arviointi, rajaa myös estimointeja. Tulosten esittelyssä on nyt rajauduttu estimointeihin, jotka ovat tuottaneet hyödyllistä informaatiota joko perusmaksun tason arvioimiseksi tai laskentatavan kehittämiseksi.<sup>30</sup>

Esitellyt tulokset kertovat radanpidon eri kustannuslajien ja selittävien muuttujien merkityksestä radanpidon kustannusfunktiossa. Yhdeksän vuoden aikasarjalla voidaan arvioida radanpidon kustannusfunktiossa ja rajakustannuksissa ajan myötä tapahtuvia vaihteluja. Lisäksi esitetään kustannusfunktion muotoon liittyvien kokeilujen tuloksia. Korvausinvestointeja on pohdittu lyhyesti erikseen.

Estimoinnit voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- Radanpidon kustannusfunktio ja radan kulumisen rajakustannukset on estimoitu erikseen muuttuville kokonaiskustannuksille (peruskunnossapito, ylläpitoinvestoinnit ja korvausinvestoinnit) ja kunnossapitokustannuksille (peruskunnossapito ja ylläpitoinvestoinnit).
- Havaintoaineistoa on hyödynnetty estimoimalla kustannusfunktiot ja rajakustannukset erikseen yksittäisten vuosien poikkileikkausaineistoilla, yhdistetyllä poikkileikkausaineistolla sekä eripituisilla paneliaineistoilla.
- Estimoinnit on tehty kunkin erillisen poikkileikkausvuoden hintatasossa olevalla nimellishintaisella aineistolla sekä kiinteähintaisella, eli vuoden 2005 hintatasoon muutetulla aineistolla.

Seuraavissa luvuissa ensin esitetään otosta vastaavat kustannusfunktion estimointitulokset ja sen jälkeen estimointituloksista lasketut rajakustannukset. Kustannusfunktioiden osalta olennaisia tietoja ovat mallin selitysaste (mallin hyvyys) sekä radanpidon kustannuksia selittävien muuttujien kustannusjoustot.

Kustannusjousto kertoo, kuinka paljon radanpidon muuttuvat kustannukset lisääntyvät, kun esimerkiksi rataverkon suoritteet (bruttotonnit) tai infrastruktuurin määrä (raidepituus) lisääntyvät.

<sup>29</sup> Estimoinneissa on käytetty Eviews 5 -tilasto-ohjelmaa. Aikaisemmin (Idström, 2002; Tervonen & Idström 2004a ja 2004b) on käytetty Stata-tilasto-ohjelmaa.

<sup>30</sup> Estimoinneissa tehtiin useita rataosien ominaisuuksia (mm. nopeustaso, kantavuus, palvelutaso ja tekninen taso) koskevia kokeiluja. Jos tulokset eivät olleet tilastollisesti toimivia, ei tuloksia esitetä tässä raportissa.



Perusmaksun tason arvioinnin kannalta oleellisimpia tuloksia ovat vuoden 2005 hintatasossa esitetyt muuttuvilla kokonaiskustannuksilla lasketut rajakustannukset. Ne ovat hintatason puolesta parhaiten vertailukelpoisia nykyiselle perusmaksulle.

Muista tuloksista nähdään muun muassa pelkillä kunnossapitokustannuksilla laskettu radanpidon kustannusfunktion muoto ja rajakustannukset. Lisäksi nähdään, kuinka kustannusfunktion muoto ja rajakustannusten taso muuttuu, kun rataosia rajataan pois otoksesta. Tuloksia esitetään myös malleista, joissa on käytetty muuttuvia kokonaiskustannuksia selittäviä lisämuuttujia ja ristitermejä.

Lisämuuttujaestimointeja on tehty, jos tiettyä periodina perusmalli ei istu aineistoon hyvin (selitysaste alhainen) ja/tai bruttotonniin kustannusjousto on erittäin alhainen. Lisäksi radanpidon dynamiikka voidaan ottaa malliin selittämällä myöhemmän periodin kustannuksia edellisen periodin kustannuksilla. Esimerkiksi rataosalle määritelty kunnossapidon tavoitetaso saavutetaan usean vuoden korvausinvestoinneilla. Aikaisempien vuosien panostukset vaikuttavat siten myöhempiin kustannuksiin.

## 6.2 Poikkileikkausaineistot 2003–2005

### 6.2.1 Muuttuvat kokonaiskustannukset

Tämän luvun estimoinnit on tehty vuosien 2003–2005 poikkileikkausaineistoilla. Estimointi vastaa Suomen perusmaksun alkuperäistä määrittelyä (Idström, 2002). Radanpidon muuttuvia kokonaiskustannuksia kuvaavan funktion oletetaan olevan Cobb-Douglas -muotoa. Ottamalla logaritmi yhtälön molemmin puolin, saadaan empiirinen muuttuvien kokonaiskustannusten regressioyhtälö

$$\ln C_{it} = \alpha + \beta_1 t_{-km_{it}} + \beta_2 \ln tons_{it} + \beta_3 d_{it}^1 + \varepsilon_{it},$$

jossa  $\alpha$  on vakio,  $t_{-km_{it}}$  on rataosan raidepituuden logaritmi,  $\ln tons_{it}$  on bruttotonniin logaritmi ja  $d_{it}^1$  tasomuuttuja, joka saa arvon 1, kun rataosan korvausinvestoinnit ovat 16 819 euroa tai sitä suuremmat (vrt. luku 3.2, yhtälö 2).

Jokaiselle vuodelle ajanjaksolla 2003–2005 on estimoitu sama yhtälö 86 rataosan aineistolla.<sup>31</sup> Taulukossa 6.1 on esitetty estimointitulokset: selitysaste, havaintojen lukumäärä ja kustannusfunktion muuttujien kertoimet.

Mallin selitysaste<sup>32</sup> on korkeampi vuosina 2003 ja 2005 kuin vuonna 2004. Bruttotonniin kustannusjousto on 0,13–0,21, eli kun bruttotonnit kasvavat yhden prosentin, kasvavat muuttuvat kokonaiskustannukset 0,13–0,21 prosenttia. Radanpidon lyhyen aikavälin muuttuvat kokonaiskustannukset ovat siis varsin

<sup>31</sup> Aineistosta on poistettu rataosia joko puuttuvien tietojen vuoksi tai poikkeavina havaintoina: 51 Toijala–Valkeakoski, 54 Vilppula–Mänttä, 60 Kankaanpää–Parkano, 61 Parkano–Aitoneva, 79 Pännäinen–Pietarsaari, 86 Laurila–Tornio ja 91 Murtomäki–Otanmäki.

<sup>32</sup> Mallin valinta perustuu ns. vapausasteilla sopeutetun selitysasteen, Akaiken Informaatiokriteerin ja yksittäisten kertomien tilastollisen merkitsevyyden tarkasteluun. Mallien virhetermin normaalisuutta tarkastellaan Q-Q plot -kuviodien avulla. Jaque Beran testisuureen  $p$ -arvon ollessa 0,05 tai suurempi, ei voida hylätä mallin virhetermien normaalisuusetusta. Yksittäisten poikkeavien havaintojen (rataosien) jättäminen pois aineistosta tapahtuu vertaamalla rataosittaisia toteutuneita ja mallin ”ennustamia” kustannuksia ns. residual plot -kuvion avulla.



joustamattomia rataverkon käytön lisäyksen suhteen. Sen sijaan raidepituuden kasvaessa prosentoin, kasvavat muuttuvat kokonaiskustannukset lähes suorassa suhteessa, eli 0,77–0,99 prosenttia.

Vuosina 2003 ja 2004 bruttotonnien kustannusjoustopot ovat vuotta 2005 alhaisempia (myös vuosien 1997–2002 kustannusjoustopot alhaisempia, kuten tuonnempana nähdään). Vakiotermiin kerroin kuvaa muuttuvien kustannusten liikenteen määrästä ja raidepituudesta riippumatonta keskimääräistä tasoa. Korvausinvestointien tasomuuttujan kerroin kuvaa muuttuvien kustannusten eroa niiden rataosien, joilla on tehty suurehkoja korvausinvestointeja ( $\geq 16\,819$  €) ja muiden rataosien välillä.

*Taulukko 6.1. Estimoidut muuttuvien kokonaiskustannusten funktiot 2003 – 2005, LS*

Vuosi	Selitys- aste %	N <sup>1</sup>	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Korvaus- investointien taso
2003	61	86	7,7019	0,1554	0,7908	0,7622
2004	56	86	8,4450	0,1266 <sup>2</sup>	0,7009	1,0483
2005	61	86	5,7906	0,2113	0,9912	0,9508

<sup>1</sup> N = havaintojen lkm. <sup>2</sup> Bruttotonnien kerroin poikkeaa merkitsevästi nolasta 5 % tasolla vuonna 2004. Kaikki muut kerroinestimaatit ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % tasolla.

Mallia on kokeeksi laajennettu mahdollisilla muilla kustannuksiin vaikuttavilla tekijöillä vuodelle 2004 (taulukko 6.2). Vuoden 2004 laajennetussa mallissa lisämuuttujana on korvausinvestointien tasomuuttujan ja raidepituuden ristitermi. Mallin selityskyky paranee hiukan, kustannusjoustopot on nyt lähempänä aikaisempia vuosia, vakio pienempi ja korvausinvestointien tasokerroin huomattavasti suurempi kuin perusmallissa (taulukko 6.1). Toisin sanoen, niillä rataosilla, joilla vuonna 2004 korvausinvestoinnit olivat  $\geq 16\,819$  €, on raidepituuden vaikutus muuttuviin kokonaiskustannuksiin pienempi.

*Taulukko 6.2. Lisämuuttujan kera vuodelle 2004 estimoidut muuttuvien kokonaiskustannusten funktiot, LS*

Vuosi	Selitys- aste, %	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Korvaus- investointi- taso	Lisä- muuttuja
2004	59	86	6,8693	0,1527	0,9960	3,7300	-0.6383

Taulukossa 6.3 esitetään kustannusjoustopot sekä nimellishintaiset painotetut rajakustannukset koko rataverkolla vuosina 2003–2005. Vuosien 2003 ja 2005 kustannusjoustopot ja rajakustannukset ovat perusmallista, mutta vuoden 2004 kustannusjoustopot ja rajakustannukset ovat taulukon 6.2 mallista. Rajakustannusten painotettu arvo on esitetty myös erikseen henkilö- ja tavaraliikenteen käyttämälle rataverkolle.<sup>33</sup> Radan kulumisen rajakustannukset olivat vuodesta riippuen

<sup>33</sup> Otoksista on poistettu rataosat, joilla on pelkkää henkilö- tai tavaraliikennettä. Suomen aineistolla ei voida laskea pelkän henkilöliikenteen tai pelkän tavaraliikenteen rajakustannuksia, koska valtaosa rataverkosta on yhteiskäytössä.

nimellisin hinnoin 0,064–0,094 snt/brtkm. Rajakustannukset nousivat vuoden 2003 jälkeen.

*Taulukko 6.3. Muuttuvista kokonaiskustannuksista lasketut painotetut rajakustannukset 2003–2005 (nimellisin hinnoin)*

Vuosi	Koko rataverkko snt/brtkm (N = 86)	Tavaraliikenteen käyttämä rataverkko snt/brtkm (N)	Henkilöliikenteen käyttämä rataverkko snt/brtkm (N)
2003	0,06408	0,06394 (85)	0,05960 (72)
2004	0,07465	0,07285 (85)	0,06448(65)
2005	0,09360	0,08967 (85)	0,08290 (65)

## 6.2.2 Kunnossapitokustannukset

Kustannusaineisto sallii estimoida radanpidon kustannusfunktion ja rajakustannukset pelkille kunnossapidon kustannuksille (peruskunnossapito + ylläpitoinvestoinnit). Estimointi on kiinnostava, koska kunnossapitoa tehdään joka vuosi kaikilla rataosilla, mutta ei korvausinvestointeja. Kunnossapitokustannukset ovat määrältään vuodesta toiseen rataosilla suhteellisen tasaisia, mutta korvausinvestointien koko vaihtelee paljon. Kunnossapidon määrärahat eivät myöskään kokonaistasolla vaihtelee samalla tavoin kuin korvausinvestointien määrärahat.

Kunnossapitokustannusten empiirinen regressioyhtälö on estimoitu muodossa

$$\ln C_{it} = \alpha + \beta_1 t_{-km_{it}} + \beta_2 tons_{it} + \beta_3 d_{it}^2 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it},$$

jossa  $d^2$  on ylläpitoinvestointien tasomuuttuja, joka saa arvon 1, jos rataosalla on tehty ylläpitoinvestointeja kyseisenä vuonna (muutoin arvo on nolla), ja  $z$  on vaihteiden lukumäärä logaritmisena. Estimoinnissa on käytetty samaa 86 rataosan otosta kuin muuttuvien kokonaiskustannusten mallissa (luku 6.2.1).

Aineiston muodostamisessa oli käytettävissä kahdenlaisia vaihteiden lukumäärätietoja; vanhoihin kunnossapitoaineistoihin perustuva lukumäärätieto (Idström, 2002) sekä vaihderekisterin alustava tieto.<sup>34</sup> Aineiston epätarkkuuden vuoksi vaihdetietojen kera tehtyjen estimointien tulokset hylättiin näissä otoksissa, ja nyt esitetään vain perusmallin tulokset taulukoina. Kokeilut kuvataan kuitenkin alla sanallisesti.

Malli (ilman vaihteiden lukumäärää) pystyy selittämään kunnossapitokustannuksia parhaiten vuodelle 2005 (taulukko 6.4). Kunnossapitokustannusten jousto bruttonnien suhteen on 0,12–0,18, ja kustannusjousto raidepituuden suhteen 0,72–0,93.

<sup>34</sup> Vaihteiden lukumääränä on aikaisemmissa töissä käytetty vuoden 1997 tietoja. Estimoinneissa se on ollut kunnossapitokustannuksia merkitsevästi selittävä muuttuja (Idström, 2002). Vaihteiden lukumäärätietoa ei ole tarkistettu sittemmin. Vanhojen vaihdetietojen epätarkkuuteen viittaa vuoden 1997 lukumäärän vertailu alustaviin uuden vaihderekisterin tietoihin vuodelta 2005.

Kunnossapitokustannuksista laskettu bruttotonnien kustannusjousto on kutakuinkin samaa tasoa kuin muuttuvilla kokonaiskustannuksilla laskettu kustannusjousto (ks. luku 6.2.1). Raidepituuden vaikutus kunnossapitokustannuksiin ei sen sijaan ole aivan yhtä suuri kuin sen vaikutus muuttuviin kokonaiskustannuksiin.

*Taulukko 6.4. Estimoidut kunnossapitokustannusten funktiot 2003–2005, LS<sup>1</sup>*

Vuosi	Selitysaste %	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Ylläpito- investointien taso
2003	55	86	7,5095	0,1589	0,7214	0,4261
2004	58	86	7,4718	0,1179	0,8767	0,4423
2005	69	86	6,3974	0,1778	0,9283	0,4512

<sup>1</sup> Kaikki kerroinestimaatit ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % tasolla.

Vaikka vaihteiden lukumäärä (vuoden 1997 tieto) oli vuotta 2003 koskevassa kokeilussa merkitsevä 5 % tasolla, valittiin rajakustannusten laskentaan perusmalli, koska vaihteiden kera mallin bruttotonnien kustannusjousto oli alhainen (0,1251).

Vuotta 2004 koskevassa kokeilussa vaihteiden lukumäärän (vuoden 1997 tieto) kerroin oli myös positiivinen ja merkitsevä, mutta sen mukanaolo mallissa laski bruttotonnien kustannusjouston alas (<0,09). Vuotta 2005 koskevassa kokeilussa vaihteiden lukumäärä (vuoden 1997 tieto) oli myös merkitsevä muuttuja, mutta jälleen bruttotonnien kustannusjousto oli alhaisempi kuin perusmallissa (0,1292).

Vaihderekisteristä saatu vaihteiden lukumäärä (alustava vuoden 2005 tieto) saa merkitsevän positiivisen kertoimen vuonna 2005, mutta bruttotonnien kustannusjousto on alhaisempi kuin perusmallissa (0,1352). Vuoden 2005 vaihdetietoa ei sijoitettu muiden vuosien malleihin.

Kunnossapitokustannuksista lasketut koko rataverkon painotetut rajakustannukset ovat (perusmallin mukaan) nimellisin hinnoin 0,026–0,033 snt/brtkm (taulukko 6.5). Kunnossapitokustannusten rajakustannukset ovat siis alhaisimmillaan noin kolmasosa ja enimmillään noin puolet muuttuvien kokonaiskustannusten rajakustannuksista (taulukko 6.3) vuosina 2003–2005.

*Taulukko 6.5. Kunnossapitokustannuksista lasketut painotetut rajakustannukset 2003–2005 (nimellisin hinnoin)*

Vuosi	Koko rataverkko snt/brtkm (N = 86)
2003	0,03130
2004	0,02597
2005	0,03315

## 6.3 Yhdistelmäaineistot 1997–2005

### 6.3.1 Yhdistelmäaineistojen muodostaminen

Radanpidon kustannusfunktio ja rajakustannukset estimoidaan seuraavaksi yhdistämällä käytävissä olevat poikkileikkausaineistot yhdeksi havaintomassaksi. Havaintomassan kasvaessa mallin pitäisi tuottaa tarkemmat muuttujien kertoimet. Vuosiaineistojen yhdistämisellä voidaan myös pehmentää poikkeuksellisten tilastovuosien vaikutusta tuloksiin.<sup>35</sup>

Poikkileikkausaineistot on aikaisemmin yhdistetty niin sanotuksi poolatuksi aineistoksi, josta on estimoitu yksi kustannusfunktio ja painotettu rajakustannus vuosille 1997–2002 (Tervonen & Idström, 2004b).

Tässä työssä yhdistelmäaineisto muodostetaan panelina (ks. luku 3.2, taulukko 3.3). Sillä voidaan testata mallin poikkileikkaus- ja aikasarjaominaisuuksia sekä verrata panelimallin tuloksia poolatun aineiston ja poikkileikkausaineistojen tuloksiin.

Yhdistelmäaineistossa kustannustietoa on käsiteltävä yhtenäisen hintatason mukaisesti. Kaikkien tarkasteluvuosien radanpidon muuttuvat kustannukset on muutettu maarakennuskustannusindeksillä vuoden 2005 hintatasoon (paitsi otokset, joissa aineisto vuoden 2002 hintatasossa).

### 6.3.2 Muuttuvat kokonaiskustannukset

Tämän luvun estimointeja on tehty erilaisilla aineistoilla ja mallimuodoilla (Panel LS ja Panel EGLS; ks. luku 3.2, yhtälö 8). Rataosien lukumäärä on mainituin poikkeuksin sama (86) kuin luvun 6.2 poikkileikkausmalleissa. Taulukossa 6.6 esitetään viiden eri panelimallin tulokset.

Bruttotonnien kustannusjousto on mallista riippuen 0,18–0,20. Jousto on korkeampi kuin yksittäisille vuosille 2003 ja 2004 estimoidut joustot, ja samaa tasoa kuin vuoden 2005 kustannusjousto (ks. taulukko 6.1).

Malli 1 on perusmalli, joka pyrkii toistamaan yhden aikaisemman estimoinnin (Tervonen & Idström, 2004a). Rataosia on 91, mutta havaintojen lukumäärä on pienempi, koska aineistossa on muutamia nollahavaintoja. Mallin tulokset vastaavat nyt muodostettujen mallien tuloksia.

Mallien 2 ja 3 selitysaste jää hiukan vuosimalleja alhaisemmaksi, kun aineistossa on 86 rataosaa. Siksi malli on estimoitu myös 91 rataosalle (malli 4). Suurempi otos laskee jonkin verran bruttotonnien kustannusjoustoja verrattuna malliin, joka on estimoitu vuosille 1997–2005 käyttäen 86 rataosaa (malli 3).

<sup>35</sup> Esimerkiksi vuoden 2005 metsäteollisuuden seisokki vaikutti kuljetusmääriin, joka saattoi vaikuttaa yksittäisen vuoden aineistolla tehtävän estimoinnin tuloksiin.



Satunnaisvaikutusmallin (mallin 5) tulokset ovat samansuuntaiset kuin ilman satunnaisvaikutusta (malli 3 ja 4).<sup>36</sup> Kuitenkin verrattaessa malleja 5 ja 4, ei satunnaisvaikutusten mallia voida hylätä.<sup>37</sup>

*Taulukko 6.6. Estimoidut muuttuvien kokonaiskustannusten funktiot 1997–2002 ja 1997–2005, paneliaineisto, LS*

Malli	Vuodet/ estimointi- menetelmä	Selitys- aste, %	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Korvaus- investointi- taso
1	1997–2002 <sup>1</sup> , Panel LS	53	535	6,6694	0,1991	0,8608	0,9857
2	1997–2002 <sup>2</sup> , Panel LS	51	510	6,5524	0,2036	0,8668	1,0226
3	1997–2005 <sup>2</sup> , Panel LS	53	773	6,8106	0,1887	0,8642	0,9758
4	1997–2005 <sup>1</sup> , Panel LS	56	808	7,0111	0,1789	0,8549	0,9605
5	1997–2005 <sup>1</sup> , Panel EGLS	56	808	6,9592	0,1812	0,8593	0,9550

<sup>1</sup>Aineistosta poistettu rataosat 60 Kankaanpää-Parkano ja 91 Murtomäki-Otanmäki. <sup>2</sup>Aineistosta on poistettu rataosat 23 Kouvola-Kuusankoski, 51 Toijala-Valkeakoski, 54 Vilppula-Mänttä, 60 Kankaanpää-Parkano, 61 Parkano-Aitoneva, 79 Pännäinen-Pietarsaari, 88 Tornio-Röyttä ja 91 Murtomäki-Otanmäki.

Taulukossa 6.7 on kuvattu eri mallispesifikaatioiden mukaiset koko rataverkon painotetut rajakustannukset (muuttuvat kokonaiskustannukset) ajanjaksoille 1997–2002 ja 1997–2005. Rajakustannuksen taso on 0,10–0,12 snt/brtkm (vuoden 2005 hinnoissa) riippuen havaintojen lukumäärästä ja estimointimenetelmästä.

Verrattaessa taulukon 6.7 tuloksia vuosien 2003–2005 vuosittaisiin rajakustannuksiin (taulukko 6.3) nähdään, että pidemmältä aikaväliltä muodostettu paneliaineisto tuottaa korkeamman painotetun rajakustannuksen, kuin yksittäiset vuosiestimoinnit. Tämä johtuu ensisijaisesti radanpidon rahoitustason korkeudesta tarkasteluperiodin alkuvuosina (1997–1999).

<sup>36</sup> Satunnaisperiodimallin virhetermi muodostuu kahdesta termistä eli  $\varepsilon_{it} = v_i + \eta_{it}$ . Ensimmäinen termi  $v_i$  oikealla on satunnaismuuttuja, joka on riippuvainen otosperiodista (vuosi), noudattaa normaalijakaumaa  $(0, \sigma_v^2)$  mutta on riippumaton virhetermistä  $\eta_{it}$ , joka noudattaa normaalijakaumaa  $(0,1)$ . Virhetermi  $v_i$  ottaa huomioon muuttuvien kokonaiskustannusten vaihtelun, joka johtuu vuosien välisestä satunnaisvaihtelusta, ei mallin selittävistä tekijöistä. Paneli EGLS -menetelmä käyttää kertoimien estimointiin yleistettyä kahden vaiheen pienimmän neliösumman menetelmää.

<sup>37</sup> F-testin arvo 39.04 on suurempi kuin testisuureen kriittinen arvo 3.84 vapausasteilla  $(1; 804)$ , jossa 1 on rajoitusten ja 804 vapausasteiden määrä.

*Taulukko 6.7. Muuttuvista kokonaiskustannuksista lasketut painotetut rajakustannukset 1997–2002 ja 1997–2005, (vuoden 2005 hinnoissa)*

Malli	Vuodet (Estimointimenetelmä)	N	Rajakustannus snt/brtkm
1	1997–2002 (Panel LS)	535	0,11726
2	1997–2002 (Panel LS)	510	0,11988
3	1997–2005 (Panel LS)	774	0,10363
4	1997–2005 (Panel LS)	829	0,09865
5	1997–2005 (Panel EGSL)	774	0,09889
5	1997–2005 (Panel EGSL)	829	0,09986

Seuraavaksi estimoitiin luvun 3.2 yhtälössä 7 esitetty täydellinen translog -malli vuosien 1997–2005 paneliaineistolla 91 rataosalle (N=808). Tuloksia ei kuitenkaan esitetä, koska mallin muuttujista vain vakio sekä korvausinvestointien tasomuuttujan ja bruttotonnien yhteistermi poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi nolasta, kun taas raidepituuden ja bruttotonnien kertoimet eivät olleet merkitseviä. Tämä tarkoittaa sitä, että luvun 3.2 yhtälön (7) rajoitteet ovat voimassa.

Siksi muuttuvien kokonaiskustannusten oletetaan noudattavan rajoitettua translog -muotoa:

$$\ln C_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} - km_{it} + \beta_2 l_{it} \ln s_{it} + \beta_3 d_{it}^1 + \beta_4 (d_{it}^1 * l_{it} \ln s_{it}) + \varepsilon_{it},$$

missä kustannuksia selittää raidepituuden, bruttotonnien ja korvausinvestointien tasomuuttujan lisäksi bruttotonnien ja korvausinvestointien tason yhteisvaikutus. Taulukossa 6.8 esitetään rajoitettujen translog -mallien tulokset, jotka on estimoitu käyttäen 91 rataosan aineistoa (N = 808).

Mallit 1 ja 2 eroavat toisistaan vain siten, että satunnaisvaikutusten mallissa (malli 2) on mukana havaintoperiodiin liittyvä termi, joka parantaa hiukan mallin selityskykyä.

Malli 3 on estimoitu suppeammalla otoksella (86 rataosaa; N=773), joka laskee selitysastetta, mutta nostaa bruttotonnien kerrointa. Kun tähän satunnaismuuttujamalliin lisätään selitettävän muuttujan viive yhdellä periodilla (malli 4), mallin selitysaste kasvaa selvästi, ja viiveen kerroin on tilastollisesti merkitsevä.

Taulukon 6.8 bruttotonnien kertoimet eivät enää ole suoraan tulkittavissa radanpidon kustannusjoustoksi. Kustannusjousto lasketaan siten, että bruttotonnin kertoimeen lisätään yhteistermin (korvausinvestointitaso x bruttotonnit) kerroin niiden rataosien osalta, joilla korvausinvestoinnit ovat olleet  $\geq 16\,819$  €. Mallin 4 selitettävän muuttujan viive otetaan huomioon kustannusjoustoa laskettaessa.

Taulukko 6.8. Estimoidut muuttuvien kokonaiskustannusten translog -funktiot 1997–2005, paneliaineisto

Malli	Selitys- aste, %	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Korvaus- investointien taso	Korv. inv.taso* brutto- tonnit	lnC <sub>it-1</sub>
1 Translog, Panel LS	56	808	7,8368	0,1222	0,8550	-1,2937	0,1478	-
2 Translog, EGSL	57	808	7,7490	0,1269	0,8594	-1,2036	0,1415	-
3 Translog, EGSL	54	773	7,6564	0,1328	0,8589	-1,0150	0,1301	-
4 Translog, EGSL	61	686	4,9323	0,0701	0,5242	-0,3382	0,0687	0,3754

Edellä olevista malleista radan kulumisen rajakustannus lasketaan aikaisemmin esitetyn mukaisesti (luku 3.2 yhtälö 6), mutta koska malleissa on myös muita muuttujia, jotka kuvaavat bruttotonniin vaikutusta, niin painotettu koko rataverkon rajakustannus lasketaan kaavasta:

$$\overline{MC} = 100 * (\hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_4 * d_{it}^1) \sum_i \frac{\hat{C}_{it}}{brtkm} \cdot w_{it} \text{ jos ei viivettä (mallit 1-3),}$$

$$\overline{MC} = 100 * \left( \frac{\hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_4 * d_{it}^1}{1 - \phi_{C,t-1}} \right) \sum_i \frac{\hat{C}_{it}}{brtkm} \cdot w_{it}, \text{ jos viive (malli 4).}$$

Rajakustannus on laskettu erikseen korvausinvestointien tason mukaisille rataosaryhmille käyttäen ryhmäkohtaista bruttotonniin kustannusjoustoa. Bruttotonniin kustannusjoustoa kuvaa yllä olevien kaavojen suluissa oleva osa.

Taulukossa 6.9 on esitetty translog -mallien kustannusjoustot sekä rataverkon rajakustannukset luokiteltuna korvausinvestointien tason mukaan. Kun rataosien määrä vähenee 91 rataosasta 86 rataosaan, kustannusjousto pysyy lähes ennallaan (taulukko 6.9, mallit 2 ja 3) molemmissa ryhmissä. Viiveen ottaminen malliin (taulukko 6.9, malli 4) alentaa kustannusjoustoa molempien rataosaryhmien osalta.

Rataosittaisilla liikennesuoritteilla painotettu rajakustannus on noin 0,135 snt/brtkm, kun aineistona käytetään 91 rataosaa. Viiden rataosan poisjättäminen kustannusfunktion estimoinnista aiheuttaa sen, että rajakustannus on jonkin verran alhaisempi, noin 0,11 snt/brtkm (vuoden 2005 hinnoissa).

Kun selitettävän muuttujan viive (edellisen vuoden kustannukset vaikuttavat kuluvan vuoden kustannuksiin) otetaan malliin selittäväksi tekijäksi, rataverkon rajakustannus putoaa alle 0,1 snt/brtkm.

*Taulukko 6.9. Kustannusjoustot sekä muuttuvista kokonaiskustannuksista lasketut painotetut rajakustannukset 1997–2005 (vuoden 2005 hinnoissa), translog -mallit*

Malli, estimointimenetelmä (N, rataosien määrä)	Kustannusjousto bruttotonnien suhteen		Raja- kustannus
	Korvausinvestoinnit/ rataosa < 16 819 €	Korvausinvestoinnit/ rataosa ≥ 16 819 €	snt/brtkm
1 Translog <sup>I</sup> , Panel LS (N = 808, 91 rataosaa)	0,1222	0,2699	0,1352
2 Translog EGSL (N = 808, 91 rataosaa)	0,1269	0,2684	0,1361
3 Translog, EGSL (N = 773, 86 rataosaa)	0,1328	0,2629	0,1074
4 Translog, viive, EGSL (N = 686, 86 rataosaa)	0,1122	0,2222	0,0915

### 6.3.3 Kunnossapitokustannukset

Rataverkon kunnossapitokustannusten kustannusfunktio on estimoitu vuosien 1997–2002 ja 1997–2005 paneliaineistona. Regressioyhtälö on sama kuin luvussa 6.2.2. Lisäksi tarkastellaan vaihteiden lukumäärän vaikutusta joustoihin ja painotettuun rajakustannukseen vuosina 1997–2005.

Kolmen vuoden (2003–2005) lisäaineisto ei juuri muuta muuttujien kertoimia (taulukko 6.10). Kunnossapidon kustannusjousto bruttotonnien suhteen on 0,12, eli asettuu poikkileikkausaineistoista estimoitujen joustojen vaihteluväliin (ks. taulukko 6.4).

Vaihteiden lukumäärän logaritmi mallissa vähentää bruttotonnien ja raidepituuden vaikutusta kunnossapitokustannuksiin. Vaihteiden lukumäärän sisältävän mallin selitysaste on vertailun korkein. Kuten luvussa 6.2.2 kuvattiin, vaihteiden lukumäärätieto on epätarkka, ja tulokset esitetään rinnakkain ilman vaihteita ja vaihteiden kera.

*Taulukko 6.10. Estimoidut kunnossapitokustannusten funktiot 1997–2005, paneliaineisto*

Vuosi	Selitys- aste %	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Ylläpito- investointien taso	Vaihteet, lkm
1997–2002	68	510	7,3437	0,1237	0,8613	0,5880	-
1997–2005	66	806	7,5486	0,1225	0,8314	0,5483	-
1997–2005	69	806	8,0921	0,0893	0,5383	0,5393	0,2842

Kunnossapitokustannuksista paneliaineistolla laskettu rataverkon painotettu rajakustannus on 0,019–0,026 snt/brtkm (taulukko 6.11). Tulos on hiukan



alhaisempi kuin poikkileikkauksina vuosille 2003–2005 lasketut rajakustannukset (taulukko 6.5).

*Taulukko 6.11. Kunnossapitokustannuksista lasketut painotetut rajakustannukset (vuoden 2005 hinnoissa), paneliaineisto*

	<b>Rajakustannus snt/btkm</b>
1997–2002 (ei vaihteita)	0,02484
1997–2005 (ei vaihteita)	0,02571
1997–2005 (vaihteet)	0,01869

Tulokset osoittavat, että muuttuvien kokonaiskustannusten painotetut rajakustannukset vaihtelevat yli ajan enemmän kuin pelkkien kunnossapitokustannusten (ml. ylläpitoinvestoinnit) rajakustannukset. Kunnossapitokustannusten rajakustannusten tasaisuus yli ajan voi olla lähtökohta esimerkiksi hienosyisemmälle rataverkon käytön hinnoittelulle. Maksua voitaisiin periä eri tavoin alemmalta rataverkolta ja niiltä rataosilta, joihin kohdistuu enemmän korvausinvestointeja.

Joka tapauksessa kunnossapitokustannuksista lasketut rajakustannukset ovat hyödyllistä tietoa kansainvälisessä vertailussa. Useissa maissa on koettu vaikeaksi muodostaa aineistoa korvausinvestoinneista, ja siten muuttuvista kokonaiskustannuksista, samalla tavoin kuin Suomessa. Sen sijaan kunnossapitokustannuksista on kyetty laskemaan rajakustannuksia ainakin Ruotsissa ja Itävallassa.

## **6.4 Vertailua 1997–2005**

### **6.4.1 Muuttuvat kokonaiskustannukset, poikkileikkausaineistot nimellisin hinnoin**

Tässä luvussa verrataan aikaisemmin vuosille 1997–2002 estimoituja tuloksia (Idström, 2002; Tervonen & Idström, 2004b) ja nyt vuosille 2003–2005 estimoituja tuloksia.

Radanpidon muuttuvia kokonaiskustannuksia kuvaavan mallin selitysaste on korkein tarkasteluperiodin kolmena viimeisenä vuotena (taulukko 6.12). Muuttuvien kokonaiskustannusten jousto bruttotonnien suhteen on alempi vuosina 2003 ja 2004, kuin aikaisempina vuosina. Vuonna 2005 kustannusjousto on jälleen yli 0,2.

Muuttuvien kokonaiskustannusten jousto rataosien raidepituuden suhteen vaihtelee välillä 0,77–0,96. Vuoden 2004 mallissa on mukana myös raidepituuden ja korvausinvestointitason tasomuuttujan ristitermi (ks. taulukko 6.2).

Taulukko 6.12. Estimoidut muuttuvien kokonaiskustannusten funktiot 1997–2005<sup>38</sup>

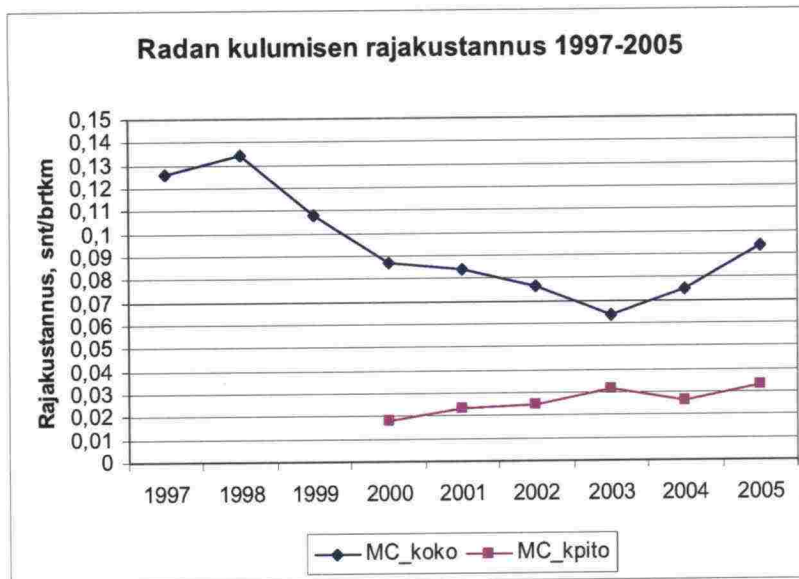
Vuosi	Selitys- aste, %	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Korvaus- investointien taso	Korvaus- investointien taso * raide- pituus
1997	56	91	6,30	0,29	0,95	1,19	-
1998	48	91	6,77	0,32	0,77	1,02	-
1999	42	91	6,63	0,28	0,91	1,13	-
2000	51	90	4,48	0,29	0,90	1,14	-
2001	56	86	4,59	0,27	0,96	1,12	-
2002	51	88	4,59	0,27	0,96	0,95	-
2003	61	86	7,70	0,16	0,79	0,76	-
2004	59	86	6,87	0,15	1,00	3,73	-0.6383
2005	61	86	5,79	0,21	1,00	0,95	-

Taulukossa 6.13 ja kuvassa 6.1 esitetään muuttuvista kokonaiskustannuksista vuosille 1997–2005 (nimellisin hinnoin) lasketut koko rataverkolle painotetut radan kulumisen rajakustannukset. Kuvaan 6.1 on lisätty myös kunnossapito-kustannuksista vuosille 2000–2005 lasketut painotetut rajakustannukset. Muuttuvista kokonaiskustannuksista laskettu painotettu rajakustannus laskee selvästi vuodesta 1997 vuoteen 2003, jonka jälkeen se hiukan nousee vuosina 2004 ja 2005.

Taulukko 6.13. Muuttuvista kokonaiskustannuksista lasketut painotetut rajakustannukset 1997–2005, (nimellisin hinnoin)

Vuosi	Koko rataverkko snt/brtkm (N)	Tavaraliikenteen rataverkko snt/brtkm (N)	Henkilöliikenteen rataverkko snt/brtkm (N)
1997	0,1263 (91)	-	-
1998	0,1341 (91)	-	-
1999	0,1077 (91)	-	-
2000	0,08729 (90)	0,08735 (89)	0,08304 (70)
2001	0,08402 (86)	0,08392 (85)	0,08169 (69)
2002	0,07658 (88)	0,07658 (88)	0,07406 (69)
2003	0,06408 (86)	0,06394 (85)	0,05960 (72)
2004	0,07465 (86)	0,07285 (85)	0,06448 (65)
2005	0,09360 (86)	0,08967 (85)	0,08290 (65)

<sup>38</sup> Rataosien (havaintojen) lukumäärä vähenee poikkileikkausaineistoissa, koska rataosien liikennöinti on lakannut tai tilastotietoa ei enää kerätä kaikilta rataosilta.



Kuva 6.1. Rajakustannukset 1997–2005 (snt/brtkm, nimellisin hinnoin); muuttuvat kokonaiskustannukset (MC\_koko) ja kunnossapitokustannukset (MC\_kpito)

#### 6.4.2 Kunnossapitokustannukset, poikkileikkausaineistot nimellisin hinnoin

Kunnossapitokustannusten joustot bruttotonnien suhteen olivat vuosina 2000–2005 noin 0,12–0,18 (taulukko 6.14). Tulokset ovat samansuuntaisia kuin Johansson & Nilsson (2004). Idström (2002) estimoi vuosille 1997–1999 joustojen suuruudeksi 0,08–0,13, mutta mallissa oli merkitsevänä muuttujana myös vaihteiden lukumäärä.

Kunnossapitokustannusten malleissa selitysasteet ovat kautta linjan korkeammat kuin muuttuvien kokonaiskustannusten malleissa (vrt. taulukko 6.12). Vaihteiden lukumäärä nousee aika ajoin (2000 ja 2002) merkitseväksi muuttujaksi kunnossapitokustannusten poikkileikkausestimoinneissa.<sup>39</sup>

Taulukko 6.14. Estimoidut kunnossapitokustannusten funktiot 2000–2005

Vuosi	Selitys-aste, %	N	Vakio	Brutto-tonnit	Raide-pituus	Ylläpito-investointi-taso	Vaihteiden lkm
2000	72	89	6,8781	0,1325	0,6919	0,6116	0,2245
2001	73	85	6,1326	0,1551	0,9837	0,5817	-
2002	68	88	6,8341	0,1748	0,5908	0,4726	0,1959
2003	55	86	7,5095	0,1589	0,7214	0,4261	-
2004	58	86	7,4718	0,1179	0,8767	0,4423	-
2005	69	86	6,3974	0,1778	0,9283	0,4512	-

Kunnossapitokustannuksista laskettu rataverkon painotettu rajakustannus on poikkileikkaustarkastelun mukaan nousujohteinen vuodesta 2000 alkaen, lukuun

<sup>39</sup> Kuten edellä todettiin, vaihdetiedot eivät ole tarkkoja.

ottamatta vuotta 2004 (taulukko 6.15). Idströmin (2002) vuosille 1997–1999 kunnossapitokustannuksista estimoimat painotetut rajakustannukset olivat 0,011–0,016 snt/bruttotonnikilometri (nimellisin hinnoin), joka tukee nousujohteisuudesta tehtyä havaintoa.

*Taulukko 6.15. Kunnossapitokustannuksista lasketut painotetut rajakustannukset vuosina 2000–2005 (nimellisin hinnoin)*

<b>Vuosi</b>	<b>Koko rataverkko snt/brtkm (N)</b>
2000	0,01790 (89)
2001	0,02313 (85)
2002	0,02458 (88)
2003	0,03130 (86)
2004	0,02597 (86)
2005	0,03315 (86)

#### **6.4.3 Muuttuvat kokonaiskustannukset, poikkileikkausaineistot kiintein hinnoin**

Poikkileikkausaineistoja on käsitelty edellä kunkin tarkasteluvuoden hinnoissa. On syytä laskea poikkileikkausaineistot myös kiinteähintaisella aineistolla, jotta rajakustannuksia voidaan verrata nykyiseen perusmaksun tasoon. Lisäksi voidaan arvioida, onko kustannusaineiston hintatasolla vaikutusta kustannusfunktion kertoimiin.

Vuoden 2005 hintatasoon muutetusta kustannusaineistosta estimoidut kustannusfunktiot on esitetty taulukossa 6.16. Vertailussa havaitaan, että bruttotonnien kustannusjoustot ovat alemmat kuin nimellishintaisen aineiston kustannusjoustot taulukossa 6.12 (paitsi vuonna 2005). Sama pätee lähes kautta linjan myös muihin kertoimiin.

*Taulukko 6.16 Estimoidut muuttuvien kokonaiskustannusten funktiot 1997–2005*

<b>Vuodet</b>	<b>Selitys- aste %</b>	<b>Hav. lkm</b>	<b>Vakio</b>	<b>Brutto- tonnit</b>	<b>Raide- pituus</b>	<b>Korvausinves- tointien taso</b>
1997	63	91	5,8465	0,2476	0,9191	1,1280
1998	54	91	6,8034	0,2136	0,8112	1,0833
1999	49	91	7,0275	0,1993	0,8130	0,8242
2000	48	90	6,1371	0,2043	0,9200	0,9523
2001	55	86	6,2956	0,1994	0,9044	0,9786
2002	55	88	6,4549	0,2047	0,8743	0,9067
2003	61	86	7,7926	0,1554	0,7908	0,7622
2004	54	86	8,2540	0,1310	0,7507	0,9774
2005	61	86	5,7096	0,2113	0,9912	0,9508



Kustannusfunktion muotoon vaikuttaa siis, ovatko aineiston kustannustiedot nimellisissä vai kiinteissä hinnoissa. Tämä johtuu teknisesti siitä, että muutettaessa nimellishintaiset kustannukset kiinteisiin hintoihin, nousee kustannusaineiston numeerinen taso, kun taas selittävät muuttujat ovat ei-rahamääräisiä muuttujia, ja niiden numeerinen arvo pysyy muuttumattomana kustannusaineiston hintaperusteesta riippumatta.

Taulukossa 6.17 esitetään poikkileikkausaineistoilla lasketut koko rataverkon painotetut rajakustannukset vuoden 2005 hinnoissa. Verrattaessa tuloksia taulukon 6.13 nimellishintaisiin rajakustannuksiin nähdään, että nimellishintainen rajakustannusten tarkastelu poikkeaa merkittävästi kiinteähintaisesta.

Kiinteät hinnat ovat kuitenkin se vertailutieto, johon perusmaksun tasoa tulee verrata. Nimellishintaisessa vertailussa jätetään ottamatta huomioon yleinen kustannusten nousu sekä maarakennuskustannusten kehitys.

Poikkileikkauksista nähdään nyt rajakustannusten vaihtelu vuodesta toiseen myös vuoden 2005 hintatasossa. Perusmaksun tason arvioimisessa onkin haaste määrittää kuinka monen vuoden sekä minkä nimenomaisten vuosien aineistoihin tarkistaminen tulisi sitoa. Tässä työssä kysymykseen ei ole haettu vastausta. Olennaista lienee havaita trendit, eli rajakustannusten säilyminen havaitussa vaihteluvälissä, tai jatkuva nousu tai aleneminen nykyiseen perusmaksuun verrattuna.

Jatkossa on kuitenkin suositeltavaa estimoida kustannusfunktiot ja rajakustannukset aina kiintein hinnoin. Se vähentää estimointien lukumäärää, selkeyttää tuloksia ja tuottaa parhaiten kulloisenkin tarkasteluhetken kannalta vertailukelpoiset tulokset.

*Taulukko 6.17. Rataverkon painotettu rajakustannus 1997–2005 (vuoden 2005 hinnoissa)*

<b>Vuodet</b>	<b>Rataverkon rajakustannus snt/ brtkm</b>
1997	0,1803
1998	0,1598
1999	0,1492
2000	0,1028
2001	0,0956
2002	0,0927
2003	0,0702
2004	0,0704
2005	0,0936

#### 6.4.4 Poolattu aineisto ja paneliaineistot kiintein hinnoin

Aineistojen yhdistelmiä on estimoitu poolattuna aineistona ja paneliaineistona. Taulukossa 6.18 esitetään kustannusfunktion muotoa koskevat tulokset. Malli 1 edustaa aikaisempia tuloksia (poolattu aineisto; Tervonen & Idström, 2004a) ja muut mallit tämän työn tuloksia. Estimoidut mallit poikkeavat toisistaan aikasarjan pituuden sekä havaintojen lukumäärän osalta.

Malli 2 pyrkii toistamaan aikaisemmin julkaistun mallin 1 tulokset. Mallit 3 ja 7 on estimoitu 85 rataosan havaintoaineistolla. Mallit 4 ja 6 on estimoitu vuosille 1997–2005 samalla 91 rataosan havaintoaineistolla kuin Tervonen ja Idström (2004a).

Havaintojen lukumäärä vaihtelee, koska yksittäisillä rataosilla puuttuu jonain vuosina esimerkiksi suoritettieto. Sellaista rataosaa ei voida käyttää paneliaineistossa, vaikka rataosan tiedot olisivat muilta vuosilta täydellisiä.<sup>40</sup>

Mallien kertoimet ovat pääosin hyvin lähellä toisiaan, mutta bruttotonnien kustannusjousto on mallissa 1 selvästi muita malleja korkeampi. Toisaalta mallin 1 vakio on alhaisempi kuin muissa malleissa.

*Taulukko 6.18. Estimoidut muuttuvien kokonaiskustannusten funktiot, poolattu ja paneliaineisto*

Malli/vuodet (hintataso)	Selitys- aste %	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Korvaus- investointi- taso
1. 1997–2002 (2002)	50	538	4,8913	0,2809	0,8902	1,1159
2. 1997–2002 (2005)	53	535	6,6694	0,1991	0,8608	0,9857
3. 1997–2002 (2005)	51	510	6,5524	0,2036	0,8668	1,0226
4. 1997–2005 (2005)	56	808	7,0111	0,1789	0,8549	0,9605
5. 1997–2005 (2005)	53	774	6,8106	0,1887	0,8642	0,9758
6. 1997–2005 (2005)	56	808	6,9592	0,1812	0,8593	0,9550

Taulukossa 6.19 esitetään yllä olevista malleista laskettuja painotettuja rajakustannuksia koko rataverkolla (kiintein hinnoin). Tulokset perustuvat samaan malliin, mutta aineiston koko, estimointitekniikka ja tilasto-ohjelmisto eroavat toisistaan.

Vuoden 2005 hinnoissa tarkasteltuna yhdeksän vuoden panelista lasketut radan kulumisen rajakustannukset ovat noin 0,10 snt/brtkm (mallit 4 ja 5). Kuuden vuoden aineistoilla lasketut rajakustannukset ovat korkeammat, noin 0,12 snt/brtkm, koska tarkastelujakson alkuvuosina radanpidon rahoitustaso oli selvästi korkeampi kuin myöhempinä vuosina.

<sup>40</sup> Tämän vuoksi rataosittaisen tilastoinnin tarkkuutta ja laatua on syytä vaalia. Esimerkiksi liikenteen lakkaamisen vuoksi pois jäävät rataosat ovat asia erikseen.

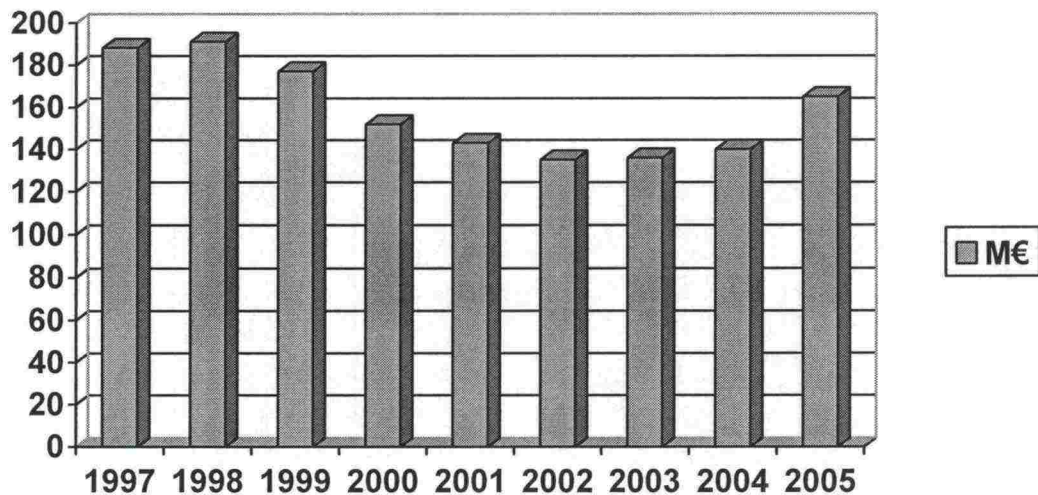
Taulukko 6.19. Muuttuvien kokonaiskustannusten yhdistelmäaineistoista lasketut painotetut rajakustannukset (vuosien 2002 ja 2005 hinnoissa), paneliaineistot

Malli/Vuodet (N, rataosien lkm)	Koko rataverkon painotettu rajakustannus, snt/brtkm	
	2002 hinnat	2005 hinnat
1. 1997–2002 (538)	0,10814	0,12090
2. 1997–2002 (535, 91)	-	0,11726
3. 1997–2002 (510, 85)	-	0,11988
4. 1997–2005 ( 808, 91)	-	0,09865
5. 1997–2005 (744, 85)	-	0,10363

## 6.5 Korvausinvestointien erillistarkastelu

Korvausinvestointien määrää ja kohdentumista rataverkolla on tarkasteltu erikseen. Aikaisemmasta tiedetään, että korvausinvestointien määrä vaikuttaa huomattavasti rataosittaisiin rajakustannuksiin ja koko rataverkon painotettuun rajakustannukseen.

Rajakustannusten kehitys (ks. esimerkiksi taulukko 6.17) heijastelee korvausinvestointien kehitystä. Painotettu rajakustannus laski vuoteen 2003 saakka, jonka jälkeen se on hienoisesti jälleen noussut. Sama trendi havaitaan myös nimellishintaisessa korvausinvestointien kokonaismäärässä (kuva 6.2).



Kuva 6.2. Ratahallintokeskuksen korvausinvestoinnit 1997–2005 (nimellisin hinnoin)

Kunnossapito ja korvausinvestoinnit poikkeavat toisistaan. Korvausinvestointien määrä vaihtelee vuodesta toiseen enemmän kuin kunnossapito. Korvausinvestoinnit ajoittuvat eri rataosille ajanjaksoittain, eli korvausinvestointeja voidaan tehdä useana vuonna peräkkäin, jonka jälkeen useana vuonna korvausinvestointeja ei tehdä lainkaan. Kunnossapitoa sen sijaan tarvitaan kaikilla rataosilla joka vuosi.



Rataosilla, joilla on runsas varustelutaso ja paljon liikennettä, voidaan korvausinvestointeja tehdä lähes jatkuvasti, koska kulumista tapahtuu enemmän ja esimerkiksi pintarakenteen sekä varusteiden kulumisen korvaaminen vuorottelevat. Vähäliikenteisillä ja sähköistämättömillä rataosilla korvausinvestointeja ei tehdä tiheään, koska radan osat eivät kulu liikenteen vähäisyyden vuoksi, ja varusteita on vähemmän.

Korvausinvestointeihin kohdistuukin mielenkiintoisia kysymyksiä, kuten esimerkiksi:

- Tulisiko korvausinvestointeja hinnoitella erikseen, koska toisilla rataosilla korvausinvestointien tarve on lähes jatkuva, ja toisilla taas ei?
- Ovatko korvausinvestoinnit herkempiä lisäliikenteelle kuin kunnossapidon kustannukset?

Korvausinvestointien erillinen hinnoittelu on ajankohtaista, jos rataverkolle tulee useita liikennöitsijöitä. Jos uusi liikennöitsijä käyttää vain tiettyä rataverkon osaa, on tarpeen tietää, mitä radanpidon rajakustannukset ovat kyseisellä rataosalla.

Koska nykyinen perusmaksu perustuu koko rataverkon painotettuihin rajakustannuksiin, se voi olla ongelmallinen yksittäisten rataosien hinnoittelussa. Uusi liikennöitsijä ei halua maksaa rataosan käytöstä ylihintaa, jos rataosan radanpito on edullista. Ratakapasiteetin tarjoaja haluaa kuitenkin taata korvauksen siitä kulumisesta, mitä uusi liikenne aiheuttaa. Selvästi korvausinvestoinneilla on suuri merkitys kunkin rataosan radanpidon kustannustasolle.

Tässä työssä ei ollut mahdollista tutkia korvausinvestointeja erityisen tarkkaan, mutta yksinkertaisella aineistovuosien vertailulla tehtiin havaintoja jatkotutkimuksia ajatellen. Taulukkoon 6.20 on koottu seuraavat eri vuosia luonnehtivat tiedot

- niiden rataosien osuus kaikista rataosista, joille on kohdistettu korvausinvestointeja
- korvausinvestointien osuus muuttuvista kokonaiskustannuksista keskimäärin/rataosa, kun rataosalla on tehty korvausinvestointeja
- bruttotonnien keskiarvo niillä rataosilla, joilla on tehty korvausinvestointeja
- bruttotonnien kustannusjoustot
- koko rataverkon painotetut rajakustannukset tarkasteluvuotta kohti.

Lähes poikkeuksetta yli puolella rataosista on tehty vuosittain korvausinvestointeja. Rataosien määrä, joilla tehtiin korvausinvestointeja, aleni kuitenkin vuoteen 2002 saakka. Korvausinvestointien intensiivisyydessä kertoo se, että korvausinvestointien osuus kaikista muuttuvista kustannuksista niillä rataosilla, joilla korvausinvestointeja on tehty, on ollut noin puolet. Keskimääräiset bruttotonnit rataosilla, joilla on tehty korvausinvestointeja, ovat sen sijaan lähes samat kuin rataverkon kaikkien rataosien bruttotonnien keskiarvo.<sup>41</sup> Tämä viittaa siihen, että korvausinvestointeja ei välttämättä kohdenneta voimakkaammin runsaasti liikennöityihin rataosiin.

<sup>41</sup> Laskenta-aineiston kaikkien rataosien kuormitus oli vuosittain keskimäärin 7,5–8 milj. bruttotonnia.



Bruttotonnien kustannusjousto vaihtelee voimakkaasti. Kustannusjousto oli 0,13–0,25 vuosina 1997–2005 (taulukko 6.20). Kustannusjousto on yleensä sitä korkeampi, mitä enemmän ja mitä useammalla rataosalla on tehty korvausinvestointeja vuotta kohti. Vertailun vuoksi, kunnossapidon kustannusjousto bruttotonnien suhteen on ollut vakaampi. Jousto oli noin 0,12–0,18 vuosina 2000–2005 (ks. taulukko 6.14).

Rataverkon painotetut rajakustannukset vaihtelevat korvausinvestointien määrän suhteen. Jo rajakustannusten laskentakaavasta (ks. luku 3.2) nähdään, että muuttuvien kustannusten kasvu nostaa rajakustannusta, mikäli kustannusjousto ja liikennesuorite ovat vakaat. Suoritteiden kasvu puolestaan alentaa rajakustannusta mikäli kustannusjousto ja muuttuvat kustannukset ovat vakaat. Lisäksi rajakustannus on sitä suurempi, mitä korkeampi radanpidon kustannusjousto on bruttotonnien suhteen.

*Taulukko 6.20. Kustannusjoustot, rajakustannukset, korvausinvestoinnit ja bruttotonnikilometrit (kustannukset vuoden 2005 hinnoissa)<sup>1</sup>*

Vuosi	Rataosat, joilla on tehty korvausinvestointeja, osuus koko rataverkosta, %	Korvausinvestointien osuus muuttuvista kokonaiskustannuksista keskimäärin rataosilla, joilla on tehty korvausinvestointeja, %	Bruttotonnit keskimäärin rataosilla, joilla on tehty korvausinvestointeja (milj.t)	Bruttotonnien kustannusjousto koko rataverkolla	Rajakustannus, koko rataverkko, snt/brtkm
1997	63	44	7,5	0,2476	0,1803
1998	68	45	7,5	0,2136	0,1598
1999	75	43	7,6	0,1993	0,1492
2000	65	48	7,6	0,2043	0,1028
2001	59	51	7,4	0,1994	0,0956
2002	48	51	7,7	0,2047	0,0927
2003	52	51	8,1	0,1554	0,0702
2004	54	50	8,0	0,1310	0,0704
2005	55	46	7,6	0,2113	0,0936

<sup>1</sup> Poikkileikkausaineistoissa havaintojen lukumäärä vaihtelee 86–91 rataosan välillä eri vuosina.

## 6.6 Laskennan kehittäminen

### *Estimointimenetelmä ja aikasarja-aineisto*

Estimointimenetelmänä on käytetty lineaarisen regressioyhtälön pienimmän neliösumman menetelmiä (LS ja paneli LS). Paneliaineistolle on estimoitu lisäksi periodikohtaisten satunnaisvaikutusten malleja (paneli EGSL). Aineistona on käytetty sekä yksittäisiä vuosiaineistoja (poikkileikkaus) kunkin tarkasteluvuoden hinnoissa että yhdistelmäaineistoja (poolattu ja paneli) kiinteissä vuoden 2005 hinnoissa.

LS ja paneli LS toimivat vuosiaineistojen ja paneliaineistojen estimointimenetelminä kohtuullisen hyvin. Haasteet liittyvät enemmän radanpidon muuttuvia kustannuksia kuvaavan funktiomuodon määrittelyyn ja selittävien tekijöiden mittaamiseen. Toisin sanoen, mitkä muut kuin tähän mennessä havaitut tekijät selittävät radanpidon muuttuvia kustannuksia, ja miten näitä tekijöitä voidaan mitata?

### ***Aineiston laatu ja muuttujien muodostaminen***

Kustannusaineiston samoin kuin suoriteaineiston laatu on hyvää, mutta lähijuna-liikenteen suoritteet joudutaan laskemaan itse. Tämä seikka olisi korjattava rautatietilastoinnissa mahdollisimman pian.

Useat teoreettiset ja empiiriset tarkastelut (muun muassa Gaudry & Quinet, 2003) tuovat vahvasti esille sen, että on olemassa useita tunnistettuja teknisiä rataverkon ja liikenteen ominaisuuksia, jotka selittävät radanpidon kustannuksia, ja jotka pitäisi ottaa huomioon kustannusfunktiossa ja rajakustannusten laskennassa.

Suomessa estimoinneissa on käytetty teknisiä muuttujia, jotka ovat yli tarkastelu-periodin joko täysin tai lähes vakioita. Tällöin niiden selitysvoima jää pieneksi ja ne eivät pysty selittämään ajallista vaihtelua muuttuvissa radanpidon kustannuksissa.

Olisi tarpeen löytää päivittyviä rataosien laatua kuvaavia ominaisuusmuuttujia (esimerkiksi vaihteiden ja muiden varusteiden lukumäärä tai kuntotason vaihtelut). Tähän saakka suomalaisissa laskelmissa on pysyttäyditty rataverkon homogeneisuusoletuksessa, joka ei käytännössä pidä paikkaansa.

Vaihteiden lukumäärällä on kyetty selittämään Suomen kunnossapitokustannuksia joinakin vuosina. Vaihdetiedot eivät kuitenkaan ole tarkkoja. Kokeiluja on syytä jatkaa, kun päivitettyt vaihdetiedot valmistuvat.

Estimoinneissa on kokeiltu myös kunnossapitotason luokitusta. Kokeilut osoittavat, että luokitusmuuttuja voisi toimia rataverkon teknisten erojen kuvaajana. Myös kiskojen ja vaihteiden geometrinen kuntoindeksi voisi ehkä toimia erityyppisten rataosien erojen ja laatumuutosten kuvaajana.

### ***Kustannusfunktion määrittely ja ajallinen vaihtelu***

Kokemus osoittaa, ettei Suomen aineiston käsittelyssä tarvita kovin monimutkaisia empiirisiä kustannusfunktioita. Radan kulumisen rajakustannusten estimointiin on käytetty Cobb-Douglas- ja rajoitettua translog -kustannusfunktioita. Translog -kustannusfunktion erikoistapaus, Cobb-Douglas -kustannusfunktio istuu Suomen aineistoon edelleen hyvin, eikä ole syytä hylätä sitä perusmuotona radanpidon muuttuvien kustannusten kuvaamisessa.

Täydellinen translog -kustannusfunktio (kuten Johansson & Nilsson, 2004 ja Andersson, 2005) ei ole yhteensopiva Suomen aineiston kanssa. Ainoastaan yksi ristitermi (korvausinvestointien tason ja bruttotonnien yhteiskerroin) on havaittu tilastollisesti erittäin merkitseväksi. Toisin sanoen, muuttuvien kustannusten jousto bruttotonnien suhteen on erilainen eri rataosilla. Tämä jälleen viittaa



tarpeeseen muodostaa rataverkon teknistä laatua ja käyttöön liittyvää palvelulaatua kuvaavia mittareita, jotka kuvaavat infrastruktuurin eri osien eroja ja niissä tapahtuvia muutoksia.

Kun aineistoa kertyy ajallisesti enemmän, radanpidon muuttuvia kustannuksia on aiheellista tarkastella tarkemmin myös dynaamisena ilmiönä. Rajakustannushinnoittelun pitäisi teorian mukaan perustua nimenomaan radanpidon kustannusten ja infrastruktuurin määrän, sen laadun ja käytön määrän välisiin lyhyen ajan riippuvuussuhteisiin. Lisäksi menneet kustannukset ja mahdollisesti myös suunnitellut kustannukset vaikuttavat nykyiseen rajakustannusten tasoon.

Pääosin tässäkin tutkimuksessa esitetyt tulokset perustuvat staattiseen pitkän ajan tasapainomalliin. Dynaamista lyhyen ajan muutosta radanpidon kustannuksissa kuvaisi niin sanottu differenssimalli, mutta jonka käyttö on ongelmallista yhdeksän vuoden aikasarja-aineistolla. Tulevaisuudessa aineiston määrä kuitenkin kasvaa.

## **6.7 Perusmaksun taso sekä ratamaksun kehittäminen**

Tässä työssä todettiin, että perusmaksun nykyinen taso (ks. luku 2.3) vastaa hyvin paneliaineistoilla kiinteähintaisista muuttuvista kokonaiskustannuksista estimoituja radan kulumisen rajakustannuksia. Yhdeksän vuoden aikasarja on laajin aineisto, joka Suomessa on tähän menneessä estimoitu. Tulokset kuvaavat rajakustannusten tasoa keskipitkän aikavälin keskiarvona.

Vuosien 1997–2005 poikkileikkausaineistoilla estimoidut radan kulumisen rajakustannukset olivat koko rataverkolle painottaen 0,07–0,18 snt/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa). Tarkasteluajanjakson alussa rajakustannusten taso oli korkein, jonka jälkeen radanpidon rahoitustason muutos alensi rajakustannuksia. Vuodesta 2003 alkaen rajakustannusten taso on noussut.

Yhdeksän vuoden paneliaineistolla estimoitu koko rataverkolle painotettu radan kulumisen rajakustannus oli estimointitavasta ja otoksesta riippuen noin 0,09–0,14 snt/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa).

Suomen aineistolla voidaan hinnoitella erikseen kunnossapitokustannuksia ja korvausinvestointeja. Rajakustannuksia voidaan laskea myös yksittäisille rataosille ja esimerkiksi palvelutasoltaan yhteneviä rataosia ryhmitellen.

Suomen ratamaksua voitaisiin periaatteessa kehittää porrastamalla perusmaksu kaluston rataverkkoa kuluttavien ominaisuuksien mukaan, kuten eräissä Euroopan maissa on tehty. Tällöin vähän rataa kuluttavalta kalustolta perittäisiin alennettua maksua ja/tai rataa runsaasti kuluttavalta kalustolta perittäisiin lisämaksua.

Kaluston ominaisuuksien huomioon ottaminen ei ole mahdollinen suomalaisten aineistojen avulla ja tässä työssä esitetyillä estimointitavoilla. Lähes kaikki rataosat ovat eri kalustotyyppien yhteisessä käytössä. Aineistoa ei voida eritellä siten, että voitaisiin estimoida kustannusfunktioita ja laskea rajakustannuksia eri kalustotyyppien aiheuttamien rajakustannusten mukaan. Eri kalustotyyppien ominaisuuksia ja radan kulumista tulee arvioida muun tietämyksen pohjalta.

Periaatteessa perusmaksun taso voitaisiin sitoa maarakennuskustannusindeksiin, joka kuvaa radanpidon töiden kustannuskehitystä. Tähän ei ole tarvetta, mikäli rajakustannusten tasoa tarkastellaan aika ajoin estimoinneilla, jotka tuottavat perusmaksun tasolle tuoreen vertailutiedon. Estimointi käsittelee toteutuneita radanpidon muuttuvia kustannuksia, ja ottaa huomioon muun muassa sen, kuinka rahoitustaso vaikuttaa rajakustannuksiin. Rahoitustason muutoksia ei voida käsitellä kustannusindeksillä.



## 7 Ratapihojen käytön hinnoittelu

### 7.1 Yleistä

Ratahallintokeskuksen rataverkolla on suuri määrä liikennepaikkoja, joista muutamalla kymmenellä suurimmalla on selvästi enemmän henkilö- ja tavaraliikenteen läpikulkuraiteita, sekä sivu- ja järjestelyraiteita, joilla suoritetaan muun muassa vaihtotyötä sekä pysäköidään kalustoa.<sup>42</sup> Kooltaan merkittävimpien liikennepaikkojen infrastruktuurista käytetään jatkossa ratapiha -nimitystä.<sup>43</sup>

Liikennepaikoilla sijaitsevien raiteiden käyttöoikeus sisältyy ratamaksun perusmaksuun kuuluviin vähimmäiskäyttöpalveluihin, eikä raiteiden käytöstä peritä erikseen maksua. Liikennepaikkojen läpi kulkeva liikenne kuuluu (liikennepaikkojen välisen) liikenteen tilastointiin, ja siten suoritteilta peritään ratamaksun perusmaksu. Kaluston siirtelyä ja pysäköintiä sivu- ja järjestelyraiteilla ei tilastoida rautatietilastoinnissa.

Radanpidon muuttuvat kustannukset ovat ratapihoilla merkittävät (taulukko 7.1), jonka vuoksi niiden hinnoittelua on perusteltua pohtia.<sup>44</sup> Ratapihojen käytöstä perittävän maksun tulisi lainsäädännön mukaan perustua liikenteestä aiheutuviin radanpidon kustannuksiin, jotta tuotto voitaisiin ohjata radanpidon rahoitukseen. Toisaalta juuri liikenteestä aiheutuvien radanpidon kustannusten kattaminen on asetettu rataverkon käytön hinnoittelun vähimmäistasoksi.

*Taulukko 7.1. Kunnossapitokustannukset sekä ylläpito- ja korvausinvestoinnit ratapihoilla vuosina 2000–2005 (nimellisin hinnoin; Ratahallintokeskus)*

M€	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Peruskunnossapito	14,1	13,1	14,0	16,8	17,2	16,7
Ylläpitoinvestoinnit	10,5	13,5	14,7	7,8	6,6	3,0
Korvausinvestoinnit	41,0	35,3	42,0	9,3	6,2	15,7
<b>Yhteensä</b>	<b>65,6</b>	<b>61,9</b>	<b>70,7</b>	<b>33,9</b>	<b>30,0</b>	<b>35,4</b>

Ratapihojen muuttuville kustannuksille ei ole määritetty kustannusfunktiota eikä laskettu rajakustannuksia. Teknisistä ominaisuuksista päätellen, ja ehkä myös suoritteiden erilaisuuden vuoksi, radanpidon kustannusfunktio ja rajakustannukset voivat olla ratapihoilla erilaiset rataosiin verrattuna. Siksi rataosilta estimoidut rajakustannukset eivät välttämättä sovellu ratapihoilla tapahtuvien suoritteiden hinnoitteluun. Oletusta ei tosin voida todistaa ilman tutkimusta.

Kuten tässä raportissa on kuvattu, rataosien kulumisen rajakustannukset määritetään kuhunkin rataosaan vuosittain kohdistuvan liikennesuoritteen ja radanpidon muuttuvien kustannusten muutoksen suhteena. Tämä onnistuu, koska jokaiselta rataosalta tunnetaan laskennassa tarvittavat tiedot; raidepituus, teknisiä ominaisuuksia, bruttotonnit ja muuttuvat kustannukset.

<sup>42</sup> Satamien ja teollisuuslaitosten ratapihoja pidetään yllä yksityisesti, eivätkä ne kuulu tähän tarkasteluun.

<sup>43</sup> Virallisissa dokumenteissa ja rekistereissä käytetään pääsääntöisesti liikennepaikka -ilmaisua.

<sup>44</sup> Erittely ratapihoittain esitetään luvussa 7.4.

Ratapihoille näitä tietoja ei ole kaikilta osin käytettävissä. Kehitteillä olevat rekisterit (mm. sivuraiderekisteri ja vaihderekisteri) paikkaavat tulevaisuudessa tiedon puutteita. Lisäksi tarvitaan myös erillistä liikenteen tilastoinnin kehittämistä.

## 7.2 Ratapihojen käytön hinnoittelu eräissä maissa

Eräissä Euroopan maissa rataverkon ylläpitäjä perii maksua ratapihojen käytöstä. Myös asemien käyttöä hinnoitellaan.<sup>45</sup> Joissain maissa ratapihojen radanpidon kustannukset kuuluvat rataosien ohella suoraan ratamaksun määrittelyyn. Maissa, joissa radanpitäjä myy liikennöitsijöille kaluston ja lastin käsittelypalveluja, on ratapihojen raiteiden käyttö erikseen hinnoiteltu tuote.

**Ruotsissa** uudistetaan ratapihojen käytön hinnoittelua. Aikaisemmin ratapihojen käytöstä perittiin maksua (SEK 4) jokaista vaunua kohti. Maksu perustui ratapihan raiteiden ja laitteiden keskimääräisiin ylläpitokustannuksiin. Tulevaisuudessa aiotaan periä maksua raiteiden käyttöoikeudesta rahtiterminaaleissa ja ratapihoilla sekä erikseen junanmuodostuksessa ja kaluston pysäköinnistä. Hinnoittelu tapahtuu raidepituuden (100 metrin yksiköissä) sekä ajan (tunteina tai päivänä) perusteella. Maksujen suuruutta ei toistaiseksi ole määritetty eräitä pysäköintimaksuja lukuun ottamatta (ks. Ruotsia koskeva esimerkki luvussa 2.2).

**Alankomaissa** henkilöjunilta peritään maksuja jokaiselta pysähdykseltä asemilla. Asemat on luokiteltu kahteen kategoriaan: 1) erikseen nimetyt isot asemat ja 2) nimeämättömät muut asemat. Asemamaksun suuruus oli vuoden 2001 hinnoissa ensimmäisen luokan asemilla 0,94 €/pysähdys ja toisen luokan asemilla 0,21 €/pysähdys (Railinfrabeheer, Railned & Railverkeersleiding, 2003). Maksuja ei peritä kaupunki- tai paikallisjunaliikenteessä.

**Saksassa** ratapihan käyttö on hinnoiteltu osana reittimaksupakettia. Reittimaksut on määritetty alueellisesti yli 40 verkon osalle.<sup>46</sup> Asemalaitureille pääsy on hinnoiteltu erikseen noin 5 600 asemalla. Maksut vaihtelevat muutamasta kymmenestä sentistä muutamaan kymmeneen euroon pysähdystä kohti. Maksu voidaan korottaa kertoimella junan pituuden mukaan enimmillään kaksinkertaiseksi.<sup>47</sup>

**Itävallassa** kaluston seisottamisesta rataverkolla peritään vuokraa tapauksissa, joissa seisottaminen kestää yli vuorokauden. Vuokria peritään kaavoilla:

- perusmaksu kalustoyksikköä kohti: seisottamispäivien lukumäärä \* 2,25 €
- päivämaksu: ratametrit \* päivien lukumäärä \* 0,19 €
- kuukausimaksu: ratametrit \* kuukausien lukumäärä \* 4 €
- vuosimaksu (yli 10 kk jaksot): ratametrit \* 40 €.

Henkilöliikenteen asemien pysähtymismaksut on luokiteltu viiteen hintaluokkaan aseman koon mukaan. Maksujen taso on 0–5,45 € pysähdystä kohti.

<sup>45</sup> Myös Suomessa asemalaiturit informaatiolaitteineen kuuluvat Ratahallintokeskuksen hallintaan. Niiden käyttöoikeus luetaan perusmaksun vähimmäiskäyttöpalveluihin.

<sup>46</sup> Lähde: Modular Train Path Price System [www.bahn.de/fahrweg](http://www.bahn.de/fahrweg)

<sup>47</sup> DB Station & Service AG Stationen und Preise.

[http://www.bahn.de/pbhf/view/business/stationen\\_und\\_preise.shtml](http://www.bahn.de/pbhf/view/business/stationen_und_preise.shtml)



**Ranskassa** tavaraliikenteen ratapihalle pääsystä peritään kuukausimaksua kahdessa luokassa: 34 391,30 €/kuukausi (nimetyt suuret ratapihat) ja 17 296 €/kuukausi (muut ratapihat; RFF, 2005). Sivuraiteille pääsystä tavarajunilta peritään 53,29 €/raidekilometri/kuukausi. Tavarajunien pysäköinnistä sivuraiteille peritään 10,83 €/yhtä tuntia pidempään kestävä pysäköinti. Tavaraliikenteen terminaaleihin pääsy on hinnoiteltu erikseen. Maksu vaihtelee välillä 800–14 000 €/kuukausi terminaalista riippuen.

Henkilöliikenteen junat maksavat asemilla pysähtymisestä kolmessa liikenteen määrän mukaisessa kategoriassa. Maksu on pysähdystä kohti (ECMT, 2005)

- 0 € hiljaisina vuorokauden aikoina
- 5 500 € ei-ruuhkaisina vuorokauden aikoina
- 21 200 € ruuhkatunteina.

Lisäksi tiedepuisto Futuroscopen asemalle pääsystä peritään 63 988 €/kuukausi.

**Italiassa** rataverkon keskeisten solmukohtien käyttö on hinnoiteltu minuuteissa (ECMT, 2005). Muuttuva maksu koskee kaikkea junaliikennettä, ja se on porrastettu solmukohdittain niiden käyttöasteen ja junien nopeuden mukaan. Maksu koskee ratapihojen läpi kulkevaa liikennettä, ei ratapihojen muuta käyttöä.

**Sveitsissä** peritään maksuja solmukohta-asemilla tapahtuvista pysähdyksistä (ECMT, 2005). Maksu on aseman koosta riippuen 0,9–3,2 €/pysähdys.

### **7.3 Ratapihat, luokitukset ja tekniset ominaisuudet Suomessa**

Ratahallintokeskuksen rataverkolla on satoja liikennepaikkoja, joilla sijaitsee vaihteleva määrä pää-, sivu- ja järjestelyraiteita (Ratahallintokeskus, 2004). Lähteestä riippuen esimerkiksi tavarankuljetustoimintoja mainitaan olevan 250–280 liikennepaikalla.

Ratapihat voidaan jakaa toiminnallisesti

- henkilöliikenteen ratapihoihin
- kohtausratapihoihin sekä
- tavaraliikenteen ratapihoihin.

Tavaraliikenteen ratapihat voidaan jakaa vaihtotöiden laajuuden mukaan

- keskusjärjestelyratapihoihin
- alueratapihoihin
- kuormauksessa ja purkamisessa muutamien vaunujen vaihtoa palveleviin raiteistoihin (mm. yli 100 raakapuun kuormauspaikkaa).

Ratapihojen lukumäärä todennäköisesti vähenee tulevaisuudessa. Lähinnä liikenne- ja kuormauspaikkoja poistuu tai siirtyy reserviin. Toisaalta useita ratapihoja kehitetään muun muassa sähköistämällä, korottamalla kantavuutta ja lisäämällä raidepituuksia.

Henkilö- ja tavaraliikenteen suhde vaihtelee liikennepaikoittain. Muutamalla paikkakunnalla on erillinen henkilö- ja tavaraliikenteen ratapiha. Raiteiden ja varusteiden yhteiskäytön vuoksi radanpidon kustannuksia ratapihoilla on vaikeaa kohdentaa henkilö- ja tavaraliikenteen kesken.

Mikäli ratapihojen käytön hinnoittelua halutaan kehittää tieteelliseltä pohjalta tilastoaineistoihin perustuen, tulisi valita ne liikennepaikat, joista on ylipäättään mielekästä koota olennaiset tilastotiedot. Vertailuna voidaan mainita rataosia koskeva tilastoaineisto, jossa perustiedot kootaan noin 90 rataosalle.

Esimerkiksi Ratahallintokeskuksen peruskunnossapidon kustannus seurannassa eritelty ratapihat (ks. luku 7.5) tarjoaa selkeän lähtökohdan tarkastelun rajaamiseksi, ja ratapihojen lukumäärän (noin 30 ratapihaa) havaintoaineiston koko on riittävä.<sup>48</sup>

Ratapihojen teknisten ominaisuuksien kuvaamisen osalta johtopäätös kuitenkin on, ettei Ratahallintokeskuksen liikennepaikkarekisteri tarjoa tietoa, jota voitaisiin käyttää kustannusfunktion määrittämiseen.

Ratapihoilta tulisi määrittää vähintään

- ratapihalla sijaitsevien raiteiden lukumäärä ja yhteenlaskettu pituus käyttö-tarkoituksen mukaan eritellen (liikenteen läpikulku-, sivu- ja järjestelyraiteet)
- ratapihalla sijaitsevien vaihteiden lukumäärä ja tyyppi
- muu tekninen varustus, jolla voi olla erityistä merkitystä muuttuvien kustannusten kannalta.

Raidepituudet voidaan määrittää sivuraiderекisteristä, joka valmistuu vuoden 2006 lopussa. Vaihteiden lukumäärätietoja tarjoaa ennen pitkää puolestaan kehitteillä oleva vaihdereкisteri.

## **7.4 Ratapihojen liikennesuoritteet**

Ratapihojen liikenne on heterogeenistä rataosiin verrattuna. Osa liikenteestä on henkilö- ja tavarajunien kulkua ratapihan läpi. Osa liikenteestä on tavarajunien junanmuodostusta. Junia ajetaan sivuraiteille vapauttamaan pääraiteita muulle liikenteelle, ja lisäksi kalustoa seisotetaan sivuraiteilla odottamassa käyttöä.

Ratapihojen liikenteestä liikennetilastointiin kuuluu vain läpikulkeva linjaliikenne. Muuta liikennettä ei seurata tilastointia varten. Liikennöitsijällä on omia tarpeitaan varten tilastotietoa suurimmilla ratapihoilla ja terminaaleissa tapahtuvasta tavarajunien muodostuksessa tapahtuvasta vaunujen siirtelystä (taulukko 7.2). Vaihdetulle vaunulle ei tosin ole virallista määritelmää, ja seurantatieto voi olla subjektiivista.

Liikennöitsijä kirjaa myös tavaraliikenteen terminaaleihin saapuneita ja niistä lähteneitä vaunuja (taulukko 7.3). Tässä työssä ei ole arvioitu, kuinka kattavasti mainitut lähteet kertovat tavarankuljetuskaluston liikkeistä ratapihoilla.

Henkilöliikenteen vaihtotyötä ei tilastoida. Vaihtotyötä on kuitenkin vähemmän kuin tavaraliikenteessä.

<sup>48</sup> Kooltaan pienet liikennepaikat on luettu rajakustannusten laskennassa ratalinjaan.



Taulukko 7.2. Tavarajunien muodostus ratapihoilla (VR Cargo)

	Vaihdetut tavaravaunut (lkm)					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Riihimäki	77 104	69 368	68 040	75 002	71 890	63 402
Pasila	86 049	75 483	69 829	75 653	77 748	77 943
Turku	63 064	62 014	58 099	63 984	60 646	56 798
Tampere	292 680	271 055	277 045	286 991	288 552	274 016
Jyväskylä	36 975	37 027	32 269	29 358	29 682	18 402
Kokkola	112 935	102 375	90 511	81 217	88 490	93 586
Seinäjoki	39 206	31 846	34 491	33 261	42 826	41 247
Ylivieska	28 384	24 415	18 769	20 836	28 897	27 098
Oulu	188 160	146 527	143 650	145 614	144 104	135 110
Kontiomäki	42 976	41 820	47 078	45 419	45 442	41 344
Kemi	83 070	79 338	84 427	86 235	92 145	76 217
Kouvola	313 507	306 945	323 305	333 252	327 088	302 238
Lahti	48 597	42 681	47 232	46 997	50 639	44 145
Imatra	235 500	240 804	241 017	261 371	267 928	249 572
Kuopio	54 760	41 997	47 764	51 605	57 806	78 541
Iisalmi	30 052	28 707	24 802	31 726	22 400	41 261
Pieksämäki	132 527	128 163	101 939	84 149	95 287	76 565
Joensuu	95 303	90 999	90 569	92 956	92 784	85 761
<b>Yhteensä</b>	<b>1 960 849</b>	<b>1 821 564</b>	<b>18 00 836</b>	<b>1 845 626</b>	<b>1 884 354</b>	<b>1 783 246</b>

Taulukko 7.3. Tavarajunien terminaalivaihtotyöt (VR Cargo)\*

	Lähteneet ja saapuneet vaunut					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Helsinki	117 043	108 653	88 524	-	-	-
Riihimäki	91 156	86 555	103 229	193 720	173 866	158 098
Turku	52 288	48 726	56 500	46 422	45 821	45 155
Tampere	114 468	109 983	110 510	162 348	166 881	157 783
Seinäjoki	25 566	20 908	30 308	-	-	-
Jyväskylä	46 062	40 830	52 203	-	-	-
Pori	55 795	60 615	56 029	137 780	141 946	127 883
Rauma	77 365	74 075	75 715			
Kokkola	55 732	77 333	81 085	97 326	112 235	109 595
Oulu	112 972	84 025	72 453	129 416	134 479	138 201
Kemi	121 290	118 096	110 218	130 530	143 598	124 056
Kontiomäki	61 877	65 227	57 739	-	-	-
Kouvola	139 293	128 440	130 366	148 270	150 043	134 232
Kotka	93 346	113 062	106 721	106 401	115 297	103 564
Hamina	82 956	88 690	76 708	105 284	103 880	86 941
Vainikkala	173 841	198 576	203 681	-	-	-
Imatra	238 156	281 997	289 992	558 235	546 962	523 302
Pieksämäki	39 951	37 504	38 132	-	-	-
Kuopio	72 100	61 921	62 560	96 024	101 712	97 917
Joensuu	179 635	174 440	185 021	176 216	176 840	173 475
<b>Yhteensä</b>	<b>1 950 892</b>	<b>1 979 656</b>	<b>1 987 694</b>	<b>2 087 972</b>	<b>2 113 560</b>	<b>1 980 202</b>

\*Aluutilastointi erilainen vuosina 2000–2002 ja 2003–2005.

Ratapihoilla liikkuneen kaluston lukumäärä ei kuitenkaan ole täysin tyydyttävä suoritetieta, koska ratapihoilla liikkuneen kaluston kokonaispainolla on olennainen vaikutus infrastruktuurin kulumiseen. Arvion mukaan ratapihoilla

liikkuneita bruttotonneja ei voida johtaa linjaliikenteen tilastoinnista. Tilastoinnin kehittäminen on siis ainoa tapa tuottaa ratapihojen liikennesuoritetiedot.

## 7.5 Muuttuvat kustannukset ratapihoilla

Ratahallintokeskuksen kustannus seurannassa ratapihojen peruskunnossapidon kustannukset eritellään noin 30 ratapihalle. Myös ratapihoilla tehty ylläpito- ja korvausinvestoinnit voidaan poimia kustannus seurannasta. Taulukossa 7.5 on esitetty summana radanpidon muuttuvat kustannukset 2000–2002. Taulukot 7.6–7.8 erittelevät peruskunnossapidon, ylläpitoinvestointien sekä korvausinvestointien kustannukset 2003–2005. Kustannustietous on ratapihojen käytön hinnoitteluksi riittävää.

*Taulukko 7.5. Peruskunnossapito, ylläpitoinvestoinnit sekä korvausinvestoinnit ratapihoilla 2000–2002 (Ratahallintokeskus)*

€/ratapiha	2000	2001	2002
Pasila	864 711	1 309 153	1 990 737
Ilmala	1 583 513	1 546 063	1 370 878
Riihimäki	1 641 985	1 528 355	1 889 647
Lahti	316 041	870 455	326 753
Turku (sis. Turku - Turun satama)	659 837	634 763	629 698
Tampere	10 402 757	9 210 415	4 439 548
Seinäjoki	849 657	558 848	728 361
Rauma	110 283	214 739	102 875
Pori	170 731	226 505	769 836
Jyväskylä	441 380	485 918	3 359 443
Kouvola	8 765 061	10 205 099	1 952 014
Hamina	185 719	193 856	215 045
Kotka	254 545	344 313	396 455
Vainikkala	2 023 200	706 124	1 609 060
Lappeenranta	316 001	722 525	267 722
Joensuu	606 933	558 086	619 294
Imatra T (sis. Harakan ratapiha)	-	-	-
Pieksämäki	1 005 041	1 366 399	1 188 720
Varkaus	306 808	297 191	258 145
Kuopio	229 534	257 004	281 523
Iisalmi	352 078	211 801	513 246
Kokkola	1 089 951	1 759 173	1 456 392
Oulu	1 051 281	621 531	2 667 512
Ylivieska	258 840	213 218	223 626
Kontiomäki	320 544	176 252	179 410
Tornio	254 581	135 306	193 075
Kemi	239 936	256 675	1 742 859
Rovaniemi	397 337	422 173	324 995
Kemijärvi	121 545	136 060	111 750
<b>Yhteensä</b>	<b>35 800 000</b>	<b>35 200 000</b>	<b>29 800 000</b>

*Taulukko 7.6. Peruskunnossapito ratapihoilla 2003–2005 (Ratahallintokeskus)*

€/ratapiha	2003	2004	2005
Pasila	1 093 396	1 022 483	1 117 388
Ilmala	601 103	526 579	338 951
Riihimäki	1 276 592	1 357 567	1 333 912
Lahti	344 375	417 127	376 015
Turku (sis. Turku - Turun satama)	704 318	689 601	483 089
Tampere henkilöratapiha	2 092 675	1 400 864	586 214
Tampere tavararatapiha	-	831 454	1 129 754
Seinäjoki	803 016	529 269	719 290
Rauma	163 514	242 403	199 573
Pori	152 940	169 217	176 613
Jyväskylä	599 405	620 596	598 310
Kouvola henkilöratapiha	-	427 114	344 397
Kouvola tavararatapiha	1 788 905	1 572 161	1 886 815
Hamina	293 728	278 068	146 926
Kotka	542 655	457 541	410 314
Vainikkala	533 505	542 700	436 953
Lappeenranta	270 620	274 408	340 865
Joensuu	650 588	825 756	653 246
Imatra T (sis. Harakan ratapiha)	-	445 320	505 490
Pieksämäki	1 261 865	1 237 961	1 110 513
Varkaus	240 752	268 172	251 273
Kuopio	268 792	304 585	442 272
Iisalmi	243 696	308 788	336 334
Kokkola	592 928	425 156	494 123
Oulu	982 036	733 586	1 100 326
Ylivieska	188 659	258 342	281 120
Kontiomäki	268 447	201 569	277 194
Tornio	253 385	210 751	173 452
Kemi	206 596	235 927	185 438
Rovaniemi	319 478	264 700	182 477
Kemijärvi	75 116	105 779	89 217
<b>Yhteensä</b>	<b>16 813 086</b>	<b>17 185 545</b>	<b>16 707 855</b>

Taulukko 7.7. Ylläpitoinvestoinnit ratapihoilla 2003–2005 (Ratahallintokeskus)

€/ratapiha	2003	2004	2005
Pasila	300 166	39 787	-
Ilmala	-	-	-
Riihimäki	396 203	1 134 417	676 511
Lahti	-	-	-
Turku (sis. Turku - Turun satama)	275 212	845 039	-
Tampere	1 157 029	7 819	290 694
Seinäjoki	148 178	405 756	-
Rauma	-	-	-
Pori	243 719	38 893	-
Jyväskylä	187 493	-	-
Kouvola	911 343	1 564 870	-
Hamina	-	-	211 358
Kotka	-	-	-
Vainikkala	580 085	241 262	-
Lappeenranta	142 254	-	-
Joensuu	141 058	54 547	547 258
Imatra T	-	128 141	-
Pieksämäki	620 170	489 594	316 663
Varkaus	645 554	517 183	445 154
Kuopio	-	-	198 245
Iisalmi	514 879	-	292 504
Kokkola	1 501 833	1 078 653	-
Oulu	-	10 100	-
Ylivieska	-	-	-
Kontiomäki	-	-	-
Tornio	-	-	-
Kemi	-	69 237	-
Rovaniemi	-	-	-
Kemijärvi	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>7 765 175</b>	<b>6 625 299</b>	<b>2 978 386</b>



*Taulukko 7.8. Korvausinvestoinnit ratapihoilla 2003–2005 (Ratahallintokeskus)*

€/ratapiha	2003	2004	2005
Pasila	105 000	-	-
Ilmala	105 000	17 574	137 957
Riihimäki	28 360	-	-
Lahti	61 714	842 492	11 644 264
Turku (sis. Turku - Turun satama)	-	-	-
Tampere	563 771	15 933	286 477
Seinäjoki	-	-	-
Rauma	-	-	-
Pori	-	-	-
Jyväskylä	99 968	-	-
Kouvola	-	1 219 170	216 363
Hamina	-	-	-
Kotka	-	-	-
Vainikkala	-	-	697 715
Lappeenranta	-	-	-
Joensuu	-	-	-
Imatra T	2 694 784	-	-
Pieksämäki	-	-	-
Varkaus	-	-	-
Kuopio	76 854	-	-
Iisalmi	-	-	-
Kokkola	56 367	-	6 302
Oulu	-	153 7317	140 019
Ylivieska	-	-	-
Kontiomäki	-	-	2 416 824
Tornio	-	-	-
Kemi	4 284 053	1 432 947	104 630
Rovaniemi	1 187 937	1 132 634	-
Kemijärvi	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>9 263 810</b>	<b>6 217 601</b>	<b>15 650 552</b>

## 7.6 Johtopäätöksiä ratapihojen hinnoittelumahdollisuuksista

Ratapihoilla infrastruktuurin määrä (raidekilometrit), tekniset ominaisuudet (mm. vaihteet ja varusteet) ja liikennesuoritteet vaikuttavat radanpidon muuttuviin kustannuksiin samalla tavoin kuin rataosilla. Kustannusrakenne sekä suoritteiden ja muuttuvien kustannusten suhde (rajakustannukset) on mahdollisesti erilainen. Ratapihoilla on enemmän vaihteita sekä raiteiden käyttöön ja liikenteen ohjaamiseen liittyviä varusteita. Lisäksi liikenne on tyypiltään erilaista.

Tilastot ja rekisterit eivät tarjoa riittävästi tietoa radanpidon kustannusfunktion muodostamiselle ratapihoilla. Suurimpien ratapihojen muuttuvat kustannukset tiedetään, mutta ratapihojen teknisiä ominaisuuksia ja suoritteita ei voida määrittää.

Ratapihojen ominaisuustietoja on tulevaisuudessa saatavilla esimerkiksi vaihde- ja sivuraiderakenteista. Tavaraliikenteen junanmuodostuksesta on kaluston käsittelyn lukumäärätietoja, mutta se ei riitä kustannusfunktion määrittämiseen. Riittävä tieto tarkoittaa ratalinjojen liikennetilastointia vastaavia tietoja, eli ratapihoilla liikkuneen kaluston ja kuorman yhteispainoa. Ratapihaliikenteen tilastointia tulisi siis kehittää.

Ratapihojen käyttöä voidaan hinnoitella mahdollisesti myös seuraavilla tavoilla

- Jos oletetaan, että rataosille lasketut rajakustannukset kuvaavat riittävän hyvin liikennesuoritteiden ja radanpidon kustannusten välistä suhdetta myös ratapihoilla, voidaan aloittaa ratapihaliikenteen tilastointi ja peria suoritteilta rataosien rajakustannusten mukainen maksu.
- Tervonen & Idström (2004b) laskivat, että tavaraliikenteen junanmuodostukselle kohdennetut muuttuvat kustannukset ratapihoilla olivat keskimäärin: 14,90–19,20 €/vaihdettu vaunu. Keskimääräisten kustannusten laskenta on mahdollista<sup>49</sup>, mutta kustannukset kohdistuvat tavaraliikenteelle.
- Tutkimuksissa on arvioitu, että radan kulumisen rajakustannukset ovat suuruudeltaan noin 20 prosenttia suoriteyksikköä kohden lasketuista keskimääräisistä radanpidon kustannuksista. Tätä suhdetta voidaan ehkä hyödyntää, jos ratapihojen muuttuvia kustannuksia jyvitetäisiin maksuksi.
- Eräillä tavaraliikenteen ratapihoilla laskumäissä on laskurit, joiden tuottamaa suoritetietoa voitaisiin hyödyntää, jos suoritteiden sekä ratapihojen muuttuvien kustannusten välille haettaisiin tilastollista suhdetta tapaustarkasteluna.
- Eräissä maissa käytetään ratapihoilla sijaitsevien raiteiden aikaperusteista hinnoittelua, eli raiteita vuokrataan esimerkiksi junanmuodostukseen ja pysäköintiin. Tällöin tulee arvioida infrastruktuurihyödykkeen vuokraamista.

---

<sup>49</sup> Jaetaan taulukkojen 7.5–7.8 kustannustietoja taulukkojen 7.3–7.4 esittämällä vaunumäärillä.

## Lähteet

- Andersson, M. (2005). Econometric models for railway infrastructure costs in Sweden 1999–2002. Third Conference on Railroad Industry Structure, Competition, and Investments. 20-22 October 2005, Stockholm School of Economics.
- Andersson, M. (2006). Marginal cost pricing of railway infrastructure operation, maintenance and renewal in Sweden - from policy to practice via existing data. Working paper. VTI.
- Banverket (2006a). Network Statement 2006-06-18 – 2007-01-07 (T06.1).
- Banverket (2006b). Network Statement 2006-12-10 – 2007-12-08 (/07).
- Berndt, E. R. & Christensen, L. R. (1973). The Translog function and the substitution of equipment, structures, and labor in U.S. manufacturing 1929-68. *Journal of Econometrics* 1, 81-114.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W. & Lau, L. J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics* 55(1), 28-45.
- Department of Transport and Regional Services (2003). Rail Infrastructure Pricing: Principles and Practices. Report 109. Bureau of Transport and Regional Economics, Australian Government.
- ECMT (2005). Railway Reform & Charges for the Use of Infrastructure. European Conference of Ministers of Transport.
- European Commission (1999). Calculating Transport Infrastructure Costs. Final report of the Expert Advisors to the High Level Group on Infrastructure Charging (Working Group 1, April 28, 1999).
- Guadry, M. & Quinet, E. (2003). Rail Track Wear & Tear Costs by Traffic Class in France. Working Paper. AJD & INRETS.
- Idström, T. (2002). Suomen ratamaksun uudistaminen – ekonometrinen analyysi rataverkon käytön rajakustannuksista. Pro gradu-tutkielma. Taloustieteiden tiedekunta. Jyväskylän yliopisto.
- Jernbaneverket (2006). Network statement 2007.
- Johansson, P. & Nilsson, J-E. (2001). An Economic Analysis of Track Maintenance Costs. Julkaisematon artikkeli. IFAU – Office of Labour Market Policy Evaluation. VTI – Road and Transport Research Institute.
- Johansson, P. & Nilsson, J-E. (2004). An Economic Analysis of Track Maintenance Costs. *Transport Policy* 11 (2004) 277–286.
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2002). Ratamaksuperiaatteiden uudistaminen. Mietintöjä ja muistioita B 9/2002.
- Maddala, G.S. (1992). *Introduction to Econometrics*. Second Edition. New York: Macmillan Publ., 68-80.
- McCarthy, P- S. (2001). *Transportation Economics. Theory and Practice: A case study approach*. Blackwell Publ., 165-169
- Munduch, G., Pfister A., Sögner, L. & Stiassny, A. (2002). Estimating Marginal Costs for the Austrian Railway System. Working Paper no. 78. Department of Economics Working Paper Series. Vienna University of Economics & B.A.
- Nash, C. (2005). Rail infrastructure charges in Europe. *Journal of Transport Economics and Policy* 39(Part 3, September), 259-278.
- Pels, E. & Rietveld, P. (2000). Cost functions in transport. *Handbook of Transport Modelling* eds. by Hensher, D. A. ja Button, K. J. Amsterdam: Pergamon. 321-333.

Pollak, R. A., Sickles, R. C. & Wales, T. J. (1984). The CES-Translog: Specification and estimation of a new cost function. *The Review of Economics and Statistics* 66(4), 602-607.

Quinet, E. (2003). Short term adjustments in rail activity: the limited role of infrastructure charges. *Transport Policy* 10, 73-79.

Railinfrabeheer, Railned & Railverkeersleiding (2003). Network Statement 2003.

Ratahallintokeskus (2004). Tavaraliikenteen ratapihavisio ja -strategia 2025. Ratahallintokeskus A 1/2004.

Ratahallintokeskus (2005a). Verkkoselostus 2007. F 2/2005.

Ratahallintokeskus (2005b). Vuosikertomus 2005.

RFF (2005). National rail network statement. Edition of 9 December 2005. Appendix 12. Réseau Ferre du France.

Tervonen, J. & Idström, T. (2004a). Radan kulumisen rajakustannukset 1997-2002. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 5/2004.

Tervonen, J. & Idström, T. (2004b). Radan kulumisen rajakustannukset 1997-2002. Taustaraportti. 15.5.2004.

Tuominen, M. (2004). Rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannukset. Ratahallintokeskus A 3/2004.

Valetti, T. & Estache, A. (1998). The theory of access pricing: an overview for infrastructure regulators. Prepared for the World Bank Institute. March 1998.

VR Rata (2005). Raportti päärajojen ja vaihteiden kunnosta. Kevät 2005. Oy VR-Rata AB, Kalusto- ja materiaalipalvelut. Radantarkastuspalvelut.

ÖBB (2005). Track Access Product Catalogue 2006. Appendix 3 to Track Access Contract. ÖBB Infrastruktur Betrieb.



Liite 1 Esimerkki korvausinvestointien jatkotutkimuksesta

Korvausinvestointien jakautuminen rataosille ja eri vuosille sekä niiden taso näyttää olevan merkittävä tekijä rajakustannuksen tason määräytymisessä. Korvausinvestointien tasomuuttujaa, jota on tässä työssä käytetty kuvaamaan korvausinvestointien kohdistumista eri rataosille, ei ole aidosti eksogeeninen<sup>50</sup> kustannusfunktion selittävä tekijä. Siksi on tarpeen miettiä miten korvausinvestointien vaikutus rajakustannusten tasoon voidaan ottaa paremmin huomioon.

Eräs vaihtoehto on estimoida ensin valitun korvausinvestointitason todennäköisyys rataosille. Sitten sijoitetaan tämän mallin ”ennustettu” virhetermi muuttuvien kustannusten regressioyhtälöön selittäväksi tekijäksi<sup>51</sup>. Taulukossa 1 on esitetty alustavia tuloksia korvausinvestointien todennäköisyydelle. Olettaen kertymäfunktion jakaumaksi extreme value –jakauma, niin todennäköisyys, että rataosalla  $i$  on tehty korvausinvestointeja vuonna  $t$  on  $\Pr(y_{it}|x_{it}, \beta) = \exp(-e^{-x'_{it}\beta})$ , jossa havaittu korvausinvestointi  $y_{it}$  saa arvon 1 kun korvausinvestointeja rataosalla  $i$  on tehty ja muuten arvon 0.

Taulukko 1. Korvausinvestointien vaihtoehtoinen tarkastelu 1997–2005

Malli	McFadden R <sup>2</sup> % <sup>a</sup>	N	Vakio	Brutto- tonnit	Raide- pituus	Sähköis- tysvakio	Trendi	Korvaus- investoinnit > 0 (t-1)
Extreme value, EV	0,155	837	-0,2313 <sup>b</sup>	8,92E-08	0,0078	0,3333	-0,0944	-
EV, log(tons)	0,172	830	-5,2716	0,3715	0,0083	0,2918 <sup>b</sup>	-0,0897	-
EV, log(tons)	0,169	830	-6,0342	0,4285	0,0084	-	-0,0852	-
EV log(tons) viive	0,241	737	-4,8611	0,3219	0,0062	-	-0,0737	1,0596

<sup>a</sup> McFadden R<sup>2</sup> = LRI (likelihood ratio index) on  $1 - \frac{l(\hat{\beta})}{l(\beta)}$ , missä  $l(\hat{\beta})$  on likelihood -funktion arvo

estimoitujen kertoimien arvoilla ja nimittäjässä on rajoitetun likelihood – funktion arvo. McFadden R<sup>2</sup> on aina 0 ja 1 välillä, mutta poiketen lineaariregressiomalleista malli, jonka selitysaste on 0,3, istuu aineistoon hyvin. Malli, jossa korvausinvestointien todennäköisyyteen vaikuttaa se, onko edellisenä vuonna kyseisellä rataosalla tehty korvausinvestointeja, on malleista paras ja pystyy ennustamaan 78 prosenttia havainnoista oikein. <sup>b</sup> Ei merkitsevä.

Ensimmäistä mallia lukuun ottamatta korvausinvestointien todennäköisyyttä selittävän liikenteen määrää kuvaa bruttotonnien logaritmi. Viimeisessä mallissa otetaan huomioon että korvausinvestointien todennäköisyyteen voi vaikuttaa se, onko rataosalla tehty edellisenä vuonna korvausinvestointeja. Estimoidut kertoimet eivät kuvaa suoraan kunkin selitettävän muuttujan aiheuttamaa marginaalista muutosta korvausinvestointien todennäköisyyteen, mutta kertoimen etumerkki kertoo muutoksen suunnan. Tulosten perusteella korvausinvestointien

<sup>50</sup> Eksogeeninen selittävä tekijä ei korreloi regressioyhtälön virhetermin kanssa. Koska radan kulumisen rajakustannuksia selittävässä regressioyhtälössä korvausinvestoinnit ovat osa selitettävää tekijää (yhtälön oikea puoli), nyt käytetty korvausinvestointien tasomuuttuja korreloi mallin virhetermin kanssa.

<sup>51</sup> Ei ole esitetty tässä raportissa.

todennäköisyys kasvaa kun rataosan liikenne kasvaa (bruttotonnit) ja on suurempi pitemmillä rataosilla (raidepituus). Trendimuuttujan saama negatiivinen kerroin kuvaa korvausinvestointien laskevaa kehitystä, joka näkyy kuvassa 6.2 (luku 6.5). Viimeisen mallin positiivinen kerroin edellisen periodin korvausinvestoinnille tarkoittaa sitä, että korvausinvestointi on todennäköisempi niillä rataosilla, joilla on tehty edellisinä vuosina korvausinvestointeja.

Toinen vaihtoehto olisi estimoida korvausinvestointien rajakustannus ja kustannusfunktio erikseen. Tällöin Suomen tulokset olisivat helpommin vertailtavissa myös sellaisten maiden kanssa, jotka a) eivät ota huomioon korvausinvestointeja rajakustannusten laskennassa ja b) estimoivat korvausinvestointien aiheuttamat rajakustannukset erikseen.

## RATAHALLINTOKESKUKSEN JULKAISUJA A-SARJASSA

- 1/2002 Ratarakenteen routasuojaus
- 3/2002 Rautatietasoristeysten turvaamis- ja poistostrategia 2020
- 4/2002 Rautateiden maanvaraiset pylväasperustukset, lisensiaatintutkimus
- 5/2002 Raiteentarkastus ja siinä ilmenevien virheiden analysointi välillä Kirkkonummi–Turku
- 6/2002 Kerava–Lahti-oikoradan sosiaalisten vaikutusten arviointi
- 7/2002 Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2025
- 8/2002 Puomillisten tasoristeysten turvallisuus
- 9/2002 Vartioimattomien tasoristeysten turvallisuus
- 10/2002 Ratarumpututkimus, mallinnus
- 1/2003 Katsaus Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoimintaan
- 2/2003 Instrumentation and Modelling of Railway Culverts
- 3/2003 Rautatieliikenteen onnettomuuksien ja vaaratilanteiden raportoinnin kehittäminen
- 4/2003 Henkilöliikenneasemien esteettömyyskartoituksen tuloksia
- 1/2004 Tavaraliikenteen ratapihavisio ja -strategia 2025
- 2/2004 Rautateiden kaukoliikenteen asemien palvelutaso ja kehittämistarpeet
- 3/2004 Rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannukset
- 4/2004 Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa
- 5/2004 Radan kulumisen rajakustannukset vuosina 1997 – 2002
- 6/2004 Marginal Rail Infrastructure Costs in Finland 1997 – 2002
- 7/2004 Ratakapasiteetin jakamisen vaatimukset ja liikenteen suunnittelun tila
- 8/2004 Stabiilitaiteiltaan kriittiset ratapenkereet, esitutkimus
- 9/2004 Ratapenkereitten leveys ja luiskakaltevuus, esitutkimus
- 10/2004 Lähtökohtia ratapihojen kapasiteetin mittaamiseen
- 1/2005 Sähköratamaadoitusten perusteet – suojarakenteet, rakennukset ja laiturirakenteet
- 2/2005 Kerava–Lahti-oikoradan ennen-jälkeen vaikutusarviointi, ennen-vaiheen selvitys
- 3/2005 Ratatietojen kuvaaminen – ratatietokanta ja verkkoselostus
- 4/2005 Kaakkois-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen
- 1/2006 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämisstrategia
- 2/2006 Rautatie ja sen vaarat osana lasten ympäristöä
- 3/2006 Matkustajainformaatiojärjestelmien arviointi Tampereen, Toijalan ja Hämeenlinnan rautatieasemilla
- 4/2006 Radan välityskyvyn mittaamisen ja tunnuslukujen kehittäminen
- 5/2006 Deformation behaviour of railway embankment materials under repeated loading
- 6/2006 Research and Development Strategy of the Finnish Rail Administration
- 7/2006 Rautatieliikenne 2030 -suunnitelman lähtökohdat ja vaikutustarkastelut
- 8/2006 Vanhojen, paalutettujen ratapenkereiden korjaus
- 9/2006 Ratarakenteessa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkkyyys
- 10/2006 Radan stabiilitaiteen laskenta, olemassa olevat penkereet  
Kirjallisuustutkimus ja laskennallinen tausta-aineisto
- 11/2006 Rautatieinfrastruktuurin kehitystarpeet suuryksikkökuljetusten yleistyessä
- 12/2006 Pasilan aseman esteettömyyskartoitus ja toimenpideohjelma
- 1/2007 Akselipainon noston tekniset edellytykset ja niiden soveltuminen Luumäki–Imatra-rataosuudelle



**RATAHALLINTOKESKUS  
BANFÖRVALTNINGSCENTRALEN**

Julkaisija:  
Ratahallintokeskus  
Keskuskatu 8, PL 185, 00101 Helsinki  
puh. 020 751 5111, fax 020 751 5100  
[www.rhk.fi](http://www.rhk.fi)

ISBN 978-952-445-179-6 (nid.)  
ISBN 978-952-445-180-2 (pdf)  
ISSN 1455-2604